

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**Evaluación de la característica estructural del rodal de  
(*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos,  
Ayacucho, 2017**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:  
Wilfredo Velarde Arce**

**Ayacucho – Perú**

**2019**

*A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

*A mi madre Isabel, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo*

*A mí amado hijo Mathias, a mis hermanos, a mi amigo Josías Q.E.P.D, por su apoyo, quienes me brindaron su apoyo durante mis estudios.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga alma mater de la enseñanza en la región, a la Facultad de Ciencias Agrarias, y en especial a la Escuela Profesional de Agronomía en la que me formé.

A los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, por su paciencia en la orientación académica y personal.

Al M.Sc. Yuri Gálvez Gastelú, docente de la Facultad de Ciencias Agrarias, asesor del presente trabajo de investigación, por la desinteresada colaboración y participación.

A las autoridades del Centro Poblado Menor de Putacca del distrito de Vinchos, por su apoyo durante la ejecución y sistematización del presente trabajo de investigación; así como a los comuneros por su apoyo logístico en la etapa del campo.

A cada una de las personas que de alguna manera me brindaron un apoyo incondicional en la realización de este trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas .....	vii
Índice de figuras.....	ix
Índice de anexos.....	x
Resumen.....	11
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
1.1. Antecedentes de la investigación .....	15
1.2. El bosque.....	18
1.2.1. Funciones del bosque .....	19
1.2.2. Tipos de bosques .....	20
1.2.3. Bosque en comunidades nativas .....	24
1.3. El rodal.....	25
1.3.1. Criterios para la formación del rodal .....	25
1.3.2. Las posibles clases de rodal .....	25
1.3.3. Formas de presentación de un rodal .....	26
1.4. Composición estructural de un bosque o rodal .....	27
1.4.1. Estructura horizontal .....	29
1.4.2. Estructura vertical .....	34
1.5. Regeneración del bosque .....	35
1.5.1. Regeneración natural del bosque .....	35
1.5.2. Métodos de regeneración artificial del bosque .....	39
1.5.3. Tratamientos silviculturales del bosque .....	39
1.6. El pino ( <i>Pinus radiata</i> ) .....	40
1.6.1. Taxonomía .....	40
1.6.2. Origen de los pinos .....	40
1.6.3. Distribución .....	41

1.6.4. Hábitat.....	42
1.6.5. Descripción .....	43
1.6.6. Propagación.....	44
1.6.7. Plagas y enfermedades.....	44

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA..... 48**

2.1. Ubicación del ámbito de estudio.....	48
2.1.1. Ubicación política .....	48
2.1.2. Ubicación geográfica .....	48
2.2. Accesibilidad y vías de comunicación .....	49
2.3. Características climáticas del ámbito de estudio.....	50
2.3.1. Precipitación.....	50
2.3.2. Temperatura .....	50
2.4. Clasificación ecológica del lugar estudio.....	51
2.5. Materiales utilizados .....	51
2.5.1. Materiales de campo .....	51
2.6. Metodología de evaluación .....	51
2.6.1. Parcela de muestreo .....	51
2.6.2. Forma y distribución de unidades de muestreo.....	53
2.6.3. Establecimiento de la parcela de evaluación.....	53
2.6.4. Recolección y procesamiento de información .....	54
2.7. Parámetros estudiados.....	56
2.7.1. Composición florística .....	56
2.7.2. Estructura horizontal .....	56
2.7.3. Estructura vertical .....	61
2.7.4. Parámetro dasométrico .....	61

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 63**

3.1. Composición florística.....	63
3.1.1. Composición por familias taxonómicas.....	64
3.1.2. Composición por géneros taxonómicos .....	65
3.1.3. Composición florística por especies taxonómicos .....	66

3.2.	Estructura horizontal y vertical .....	67
3.2.1.	Estructura horizontal .....	67
3.2.2.	Estructura vertical .....	74
3.3.	Parámetros dasométricos.....	75
3.3.1.	Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	75
3.3.2.	Área basal.....	76
3.3.3.	Altura total .....	77
3.3.4.	Volumen total.....	78
 <b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>80</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>81</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>		<b>82</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>86</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
Tabla 1.1.	Estimado de plantaciones de <i>Pinus radiata</i> y cambio anual promedio durante los últimos cinco años, junto con los principales usos.....	42
Tabla 2.1.	Serie histórica de 18 años de precipitación mensual, correspondiente a los años 1991 al 2008, de la Estación Meteorológica de Putacca, Vinchos, Ayacucho.....	50
Tabla 2.2.	Serie histórica de 20 años Temperatura máxima, mínima, media, correspondiente a los años 1991 al 2010, de la Estación Meteorológica de Putacca, Vinchos, Ayacucho.....	51
Tabla 2.3.	Tamaño mínimo de la unidad muestral para determinadas formaciones vegetales.....	52
Tabla 2.4.	Tamaño mínimo de la subunidad muestral para el sotobosque...	52
Tabla 3.1.	Composición florística del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017.....	64
Tabla 3.2.	Abundancia absoluta y relativa de especies del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017...	68
Tabla 3.3.	Frecuencia absoluta y relativa de especies del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017...	69
Tabla 3.4.	Dominancia absoluta y relativa de especies del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017.....	70
Tabla 3.5	Índice de valor de importancia de especies del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017...	71
Tabla 3.6.	Estrato arbóreo de especies del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017.....	74
Tabla 3.7.	Diámetro a la altura del pecho de especies del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017...	76
Tabla 3.8.	Área basal de especies del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017.....	77
Tabla 3.9.	Altura total de especies del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017.....	78

Tabla 3.10. Volumen total de especies del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017.....	79
--	----



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1.1. Representación esquemática de la dinámica de un ecosistema forestal.....	36
Figura 2.1. Vista panorámica de la zona de estudio.....	48
Figura 2.2. Mapa de ubicación del lugar de estudio.....	49
Figura 2.3. Formas cuadrada y rectangular de parcelas.....	53
Figura 2.4. Croquis de la unidad experimental de la investigación.....	54
Figura 2.5. Curva especie-área o de acumulación de especies.....	60
Figura 3.1. Composición florística por familias del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017...	64
Figura 3.2. Composición florística por géneros del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017...	65
Figura 3.3. Composición florística por especies del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017...	66
Figura 3.4. Curva de acumulación de especies del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017...	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Base de datos de campo del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos.....	87
Anexo 2. Composición florística del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos.....	91
Anexo 3. Datos de estrato arbóreo del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos.....	91
Anexo 4. Datos de estructura horizontal del rodal de pino ( <i>Pinus radiata</i> ), Centro Poblado de Putacca, Vinchos.....	92
Anexo 5. Panel fotográfico.....	93

## RESUMEN

El estudio ha sido realizado en el rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca, distrito de Vinchos, con el objetivo de conocer la composición florística y característica estructural del rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro poblado de Putacca, del distrito de Vinchos, Ayacucho. La evaluación se desarrolló en una parcela de 0.45 ha (30 m x 150 m) del área representativa del rodal, habiéndose registrado las especies arbóreas en cada una de las 20 subparcelas de 225 m<sup>2</sup>. Se ha identificado seis familias, cada familia con uno género y una especie; de los cuales dos son especies exóticas plantadas, *Pinus radiata* de la familia Pinaceae y *Eucalyptus globulus* de la familia Myrtaceae, y cuatro especies de regeneración natural, *Escallonia resinosa* de la familia Escalloniaceae, *Colletia spinosissima* de la familia Rhamnaceae, *Austrocylindropuntia subulata* de la familia Cactaceae y *Polylepis incana* de la familia Rosaceae. La abundancia y frecuencia del rodal, están representadas por *Pinus radiata* y por *Escallonia resinosa*; mientras la dominancia está representada por las dos especies exóticas. El IVI, también por las dos especies exóticas y por *Escallonia resinosa*. El rodal posee un coeficiente de mezcla de 0.02. El estrato vertical más predominante del rodal es el adolescente, representado por *Pinus radiata*, y latizal representado por *Escallonia resinosa*. Para las especies exótica, el DAP, se encuentran entre los intervalos de 20 a 30 cm y 30 a 40 cm, área basal entre intervalos de 0.0 a 0.10 m<sup>2</sup>, altura total entre intervalos de 15 a 20 m, y volumen total entre intervalos de 0.0 a 0.10 m<sup>3</sup>. Mientras para las especies exóticas, la altura total se encuentra entre los intervalos de 0 a 5 m.

**Palabras clave:** Evaluación, característica estructural, rodal y *Pinus radiata*

## INTRODUCCIÓN

Según MINAM y MINAG (2011) el Perú es un país privilegiado, casi dos tercios de la superficie están cubiertos de bosques. Existen 73 millones de hectáreas de bosques que nos anclan a la vida. Ellos protegen nuestros suelos del impacto directo de la lluvia, evitan la erosión y los derrumbamientos, regulan el clima y aseguran el agua que necesitamos. Nos dan de comer y curan nuestras enfermedades. Y, además, secuestran el carbono con el que los hombres contaminamos la atmósfera.

Los bosques cumplen un rol clave en la mitigación y adaptación al cambio climático al proveer bienes y servicios ambientales de importancia local, regional, nacional e internacional. Sólo los bosques amazónicos húmedos suman 67,98 millones de hectáreas, mientras que los bosques secos y los de los valles interandinos alcanzan los 4,02 millones de hectáreas (MINAM, 2010). Los bosques son de muy diferentes tipos y calidades, tanto por su composición en especies de árboles como por las condiciones climáticas, en especial la disponibilidad estacional de agua.

Los bosques andinos son relictos remanentes de grandes extensiones de bosques de quinal (*Polylepis spp*) y colle (*Buddleia spp*) distribuidos en los Andes peruanos, que fueron fuertemente talados para la ampliación de la frontera agropecuaria para producción de leña y carbón y para su uso como combustible para la minería extensiva desde las épocas precoloniales hasta la actualidad. Quedan apenas menos de unos 940 km<sup>2</sup> de estos bosques, entre los 3000 y 4500 msnm, y en zonas muy apartadas protegidas por su difícil acceso y también como áreas naturales protegidas. Los bosques andinos en sus zonas más húmedas y abrigadas suelen estar cubiertos por plantas epífitas. En el sotobosque se encuentran especies de papas silvestres, otros tubérculos andinos y diversas especies importantes de la flora andina. Son refugio de aves y especies de la fauna andina. (Llerena, *et al.*, 2014).

Los bosques andinos tienen un rol fundamental de regulación hídrica, asociada, entre otros procesos, a la presencia de musgos y plantas epífitas, que pueden capturar agua de la niebla o lluvia transportada por el viento por una cantidad que puede representar entre el 5% y 35% de la precipitación total anual. (Tobón, 2009), citado por (Programa Bosques Andinos, s/f).

Los bosques andinos abarcan una amplia diversidad de ecosistemas montañosos presentes en condiciones bioclimáticas secas, estacionalmente húmedas y húmedas, ubicadas en pronunciados gradientes ambientales asociados a la compleja topografía de los Andes. Son paisajes frágiles y vulnerables a los efectos combinados del cambio climático, deforestación y degradación de bosques y al mismo tiempo presentan un potencial importante para contribuir a mitigar el cambio climático, restaurar funciones ecosistémicas clave y reducir la vulnerabilidad de las poblaciones andinas. (Programa Bosques Andinos, s/f).

El conocimiento de la vegetación de los rodales pertenecientes a bosques montañosos se ha incrementado durante los últimos años, llegando a ser reconocido como uno de los principales centros de diversidad. Sin embargo, los ecosistemas andinos están sometidos a fuertes presiones antrópicas, principalmente por la ampliación de frontera agrícola, el sobrepastoreo y las quemadas y el aprovechamiento forestal no controlado.

El rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca, forma parte de la riqueza que posee el bosque andino y presentan problemáticas similares al resto de los bosques de la zona andina; asimismo, es un banco de diversidad biológica, donde alberga especies arbóreas de mucha importancia, con fines maderables, agroforestales, medicinales, ambientales y entre otros, como la que protege la degradación de los suelos por el impacto directo de las lluvias.

El conocimiento de las características estructurales del rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca, del distrito de Vinchos, es tan valioso para la vida silvestre y doméstico del ámbito de influencia, que implica el diseño de estrategias y mecanismos que permitan un adecuado manejo y conservación de sus potencialidades, lo cual exige cada día una mayor dedicación y conciencia sobre la importancia de estos espacios naturales para el bienestar de las poblaciones actuales y futuras. La

comprensión de sus diferentes aspectos ecológicos y estructurales, permitirá orientar de manera más eficaz el manejo exitoso de este tipo de ecosistemas forestales.

En razón de lo expuesto, se ha realizado la presente investigación con la finalidad de conocer la composición florística y estructural del rodal de pino (*Pinus radiata*).

Para lograr el presente objetivo en estudio, se planteó los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar la composición florística del rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca.
2. Evaluar la estructura horizontal y vertical del rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca.
3. Evaluar los parámetros dasométricos del rodal de pino (*Pinus radiata*), del Centro Poblado de Putacca.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Baca (2000) estudio la caracterización de la estructura vertical y horizontal en bosques de pino-encino, en la Universidad Autónoma Nuevo León, parque ecológico Chipinque, paraje “Las Canoas”, dentro de una superficie de 1.0 ha. El ensayo se realizó con el objetivo de aplicar una metodología que permita definir estructuralmente un ecosistema con la finalidad de obtener conocimiento de los aspectos básicos mediante la utilización de especies arbóreas. Los parámetros evaluados son inventario forestal, abundancia, dominancia y frecuencia de especies arbóreas. Permitted conocer número de especies (10), de las cuales 2 pertenecen al género *Pinus* y 5 al género *Quercus*. Los datos paramétricos de la población, dan la posibilidad de dilucidar la densidad y porcentaje de las especies arbóreas en su conjunto. De tal forma que las especies *rysophylla* y *canbyi* de género *Quercus*, presentan el valor más alto en cuanto al número de individuos/ha con 348 y 319 respectivamente y por consecuencia un 32.8 y 30.1 % en lo referido a abundante relativa, seguidas muy cerca por el *Pinus pseudostrobus* con 248 individuos y 5.9 puntos porcentuales por debajo de *Quercus rysophylla*. En lo que referido a la dominancia, el *Pinus pseudostrobus* presenta un área basal relativa del 54.8% muy por encima del *Pinus teocote*, el cuál con un 18.2% ocupa el segundo lugar en cuanto al área basal/ha, el resto de las especies presentan el área basal relativa menos del 16.6% resultante del número de individuos/ha y sus dos valores diámétricos.

Alvis (2009) estudió el análisis estructural de un bosque natural localizado en zona natural del municipio de Popayán, en la Universidad de Cauca. Este estudio permitió definir las características más importantes de la estructura horizontal de un bosque natural, identificar las especies que hacen parte del mismo y las características de abundancia, dominancia, frecuencia e índice de valor de importancia. Se utilizó un diseño de muestreo sistemático con parcelas en fajas continuas con medidas de 50 por

10 metros; en total se establecieron 9 parcelas de 0.05 hectáreas cada una y un área total inventariada de 0.45 hectáreas. Se encontraron un total de 5 familias con un total de 6 géneros; la especie más abundante es el Pomorroso, seguida del Roble y Aguacatillo, mientras la especie más escasa es el Palobobo. La más abundante es *Eugenia jambos*, seguido de *Quercus humboldtii* y *Persea coerulea*, mientras que el menos abundante es el *Heliocarpus popayanensis*. La familia más dominante fue Myrtaceae, con el 35.55% seguida de la familia Fagaceae con el 22.87% y la familia Lauraceae con 34.22%. La familia menos dominante es Tiliaceae con tan solo el 7,53%. Las especies más frecuentes son: *Quercus humboldtii*, *Persea coerulea*, *Nectandra perutilis*, y *Helieocarpus popayanensis*, mientras que las menos frecuente fue *Eugenia jambos*. El cociente de mezcla da un valor de 1:45.2, indicando que por cada especie encontrada se presenta 45,2 individuos en el bosque. El índice de valor de importancia, fueron *Eugenia jambos* con 81,38, seguido de *Quercus humboldtii* con 65,18 y *Nectandra perutilis* con 58,83 y la especie de menos importancia ecológica fue *Heliocarpus popayanensis* con 37,71.

Freitas (1996) estudió la caracterización florística y estructural de cuatro comunidades boscosas de la llanura aluvial inundable en la zona de Jenaro Herrera, Amazonia peruana. El ensayo tuvo como objetivo caracterizar florística y estructuralmente las comunidades boscosas. El número total de especies es 231 para el conjunto de árboles con diámetros mayores o iguales que 10 cm. pertenecientes a 140 géneros y 43 familias. Tomando como base una superficie de 0.75 hectáreas, la mayor riqueza florística se presenta en el bosque latifoliado de bajeal de tahuampa con 123 especies y la menor en el palmeral de tahuampa con 49 especies; el bosque ribereño y el bosque latifoliado de restinga de tahuampa presentan valores equivalentes a 97 y 98 especies respectivamente. En los cuatro tipos de bosque, para individuos con diámetros mayores o iguales que 10 cm.; el número de árboles por hectárea varía entre 490.2 y 522.3; el área basal por hectárea, varía entre 21.95 y 32.6 y el volumen, medido hasta la base de la copa varía entre 252.72 y 389.87 m<sup>3</sup> por hectárea. Mientras que los bosques ribereño, latifoliado de restinga y de bajeal de tahuampa las especies predominantes conforman un grupo en el palmeral de tahuampa, la especie determinante es *Mauritia jlexuosa* aportando 37.4 del IVI. De acuerdo a características estructurales y florísticas, se reconocen tres estratos arbóreos diferenciados. El estrato arbóreo superior, presenta una



estructura abierta, con una composición florística y una ocupación espacial "pobre"; el estrato medio con una composición florística y la ocupación espacial intermedia.

Aguirre, *et al.*, (2013) estudiaron la composición florística y estructura de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. Se establecieron 100 parcelas de muestreo de 20 x 20 m, donde se registró todos los individuos leñosos mayores o iguales a 5 cm de DAP, el muestreo fue validado con la curva área – especie. La estructura horizontal de los bosques se expresa con los parámetros ecológicos: densidad relativa, frecuencia, dominancia, índice valor de importancia y distribución diamétrica. La estructura vertical se analiza mediante la descripción de los estratos de la vegetación. Se registraron 58 especies dentro de 51 géneros y 29 familias. La diversidad es calificada como media donde tienen gran influencia las especies abundantes y dominantes. Se identificaron tres grupos de bosques, cada uno caracterizado por especies típicas de los bosques secos, fácilmente diferenciables en el campo por la densidad y fisonomía de la vegetación. Las especies ecológicamente importantes son: *Ceiba tichistandra*, *Simira ecuadorensis*, *Tabebuia chrysantha*, *Eriotheca ruizii* y *Terminalia valverdeae*.

Araujo, *et al.*, (2005) estudiaron la composición florística y estructural del bosque de ceja de monte en Yungas, sector de Tambo Quemado-Pelechuco, Bolivia. Se instaló y se midió 10 parcelas de muestreo de 0.1 ha en el sector boscoso de Tambo Quemado, Pelechuco, correspondiente a los límites superiores de la formación de ceja de monte en Yungas. Se registraron y se evaluaron 3360 individuos con DAP > 2.5 cm, sumando un área basal de 25.1 m<sup>2</sup> y 19.4 m<sup>2</sup> para los árboles con DAP >10 cm. Se encontró 66 especies y 28 familias. Las familias con mayor riqueza en el área de estudio son asteráceas con nueve especies, Melastomataceae con ocho especies. Las especies de mayor importancia ecológica son: *Weinmannia fagaroides* con 16.7%. *Clethra cuneata* 9.2 %, *Miconia theizan* 6.8%, *Myrsine dependns* 6.7%, *Miconia higrophika* 5.0%, *Miconia setulosa* (4.7 %) y *Schefflera herzogii* 4.5%. Las familias Cunnoniaceae con 16.5%, Melastomataceae 15.6%, Clethraceae, Myrsinaceae 8.0%, Astraceae 6.5% y Araliaceae. La estructura horizontal de este bosque expresada por medio de su distribución diamétrica se asemeja a una curva vacía o una “J” invertida. La estructura vertical presenta el mismo patrón que la horizontal, con gran abundancia de individuos en las clases de tamaño menores y a medida que aumenta la altura el número de individuos disminuye proporcionalmente.

Zamora (2010) estudió la caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, Miramar, Puntarenas, Costa Rica. En el bosque se establecieron ocho parcelas de muestro con un área total de 2 ha; se midió altura total, diámetro, punto de inversión morfológica, posición de copa, forma de copa y presencia de lianas de individuos mayores a 10 cm diámetro. Se encontraron 32 familias, 53 géneros y 69 especies. En la distribución del número de individuos se determinó una curva que se ajusta a la típica forma de J invertida. La clases diamétrica superior a 100 cm mostró al mayor valor de área basal (7.32 m<sup>2</sup>/ha). El análisis de clases de frecuencia reportó que es un sitio con composición florística heterogénea. La especie con mayor índice de valor de importancia fue *Luehea seemannii*.

## **1.2. EL BOSQUE**

Guariguata (2002) define que los bosques son como unidades donde interactúan factores bióticos y abióticos. Los bosques son complejos ecosistemas de seres vivos que incluyen microorganismos, vegetales y animales que se influyen mutuamente y se subordinan al ambiente dominante de árboles que se extienden en áreas mayores a media hectárea, superan (o pueden superar) los dos metros de altura y tiene una cubierta de más del 10% del área que ocupan (MINAM y MINAG 2011).

Según Warren y Scharpenberg (1995) el bosque, es tierra con una cubierta de copas (o densidad de masa equivalente) en más del 10 por ciento de la superficie y una extensión superior a 0,5 ha. Los árboles deben poder alcanzar una altura mínima de 5 m en el momento de su madurez *in situ*.

Comprende formaciones forestales densas, donde los árboles de diversos pisos y el sotobosque cubren gran parte del terreno; o formaciones forestales claras, con una cubierta de vegetación continua donde la cubierta de copas cubre más del 10 % de la superficie. Dentro de la categoría de bosque se incluyen todos los rodales naturales jóvenes y todas las plantaciones establecidas con fines forestales, que todavía no han alcanzado una densidad de copas del 10 % o una altura de 5 m. También se incluyen en ella las zonas que normalmente forman parte del bosque, pero que están temporalmente desarboladas, a consecuencia de la intervención humana o por causas naturales, pero que previsiblemente volverán a convertirse en bosque.

FAO (2007) define al bosque como tierras que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ.

Corvalán y Hernández (2006) señalan que cada disciplina de las ciencias forestales propone una definición de bosque (legal, ecológica, económica, etc.), ninguna de ellas probablemente satisficiera completamente al usuario. En general todas las definiciones incluyen dos conceptos básicos. Presencia de especies arbóreas y número de individuos por unidad de superficie.

Las discrepancias en las distintas definiciones de bosque están determinadas por los objetivos de uso de este. Así por ejemplo una definición legal de bosque tendrá más bien a limitar cuantitativamente la densidad de ocupación del espacio para poder instrumentalizar su marco regulatorio (CONAF, 2002), citado por (Corvalan y Hernández, 2006) y una definición ecológica intentara definirlo en función de las especies que lo componen y sus relaciones dinámicas que nacen de la dependencia espacial, y probablemente pondrá el acento en el detalle de su composición (Donoso, 1993), citado por (Corvalan y Hernández, 2006).

### **1.2.1. Funciones del bosque**

Según Solano (2013) las funciones del bosque son:

#### **a. Bienes**

Son todos los beneficios directos que brindan los árboles. Nos proporciona madera y un sin número de productos derivados como papel, cartón, laca, trementina, leña, carbón, látex, saborizantes. Algunos autores indican que son 7000 subproductos aprovechables de los árboles.

#### **b. Servicios**

Son aquellos beneficios que el árbol nos brinda, como protección contra la erosión, contra el frío, contra el calor, nos da oxígenos, absorbe el CO<sub>2</sub>, mantiene la humedad, permite el crecimiento de nuevas plantas, etc.

### **1.2.2. Tipos de bosques**

Según MINAM y MINAG (2011). Los bosques son tan diferentes como las personas. Y su clasificación varía según su origen, su composición, el diámetro de sus árboles, el clima en el que crecen, su función e incluso su edad.

La diversidad de la cubierta vegetal, el recurso agreste y la ecología de los bosques del Perú es tan amplia por lo que se vuelve una tarea complicada clasificar la superficie forestal del país. Atendiendo las características comunes y las especies animales y vegetales distintivas de cada zona se diferencian seis grandes tipos de bosques:

#### **a. Bosques de Selva Baja**

Se encuentran ubicados en la cuenca del Amazonas y acarician, en algunas partes del país, la frontera del Perú con Ecuador, Colombia, Brasil y Bolivia. Cruzan, de este modo, los departamentos de Loreto, Ucayali, Cusco y Madre de Dios, principalmente. Y se extienden hasta una altitud que no supera los 800 msnm, desde el nororiente peruano, acompañando el nacimiento del Amazonas, el río más largo y caudaloso del mundo, hasta el suroccidente.

#### **b. Bosques de Selva Alta**

Se encuentran ubicados en relieves de terrazas, colinas bajas y montañas a lo largo de toda la Amazonía Andina y se dividen en dos zonas muy marcadas según la altitud a la que se localicen, la cual determina su flora y su fauna. Tal es así, hay una parte de estos bosques que se encuentran por debajo de los 1000 msnm, mientras que un poco más hacia arriba y hacia el sur, se emplazan las hermosas yungas peruanas, que son los bosques que se extienden en una franja que oscila entre los 1000 y 3000 msnm. Los bosques de la parte baja ocupan la llanura aluvial amazónica y abarcan los departamentos de Amazonas, Loreto, San Martín, Ucayali, Huánuco, Pasco y Junín.

#### **c. Bosques Montanos Occidentales del Norte**

La mayor parte de estos bosques miran hacia el océano Pacífico desde la cordillera occidental de los Andes. Se encuentran ubicados en los departamentos de Piura y Cajamarca y crecen a una altitud que oscila entre los 1800 y los 3800 msnm.

#### **d. Bosques Andinos**

Son los bosques más altos del mundo y se extienden en las cimas y los valles interandinos de muchos departamentos del Perú (Huánuco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cajamarca y Cusco). Algunos son cobijados por los Andes, a una altitud que oscila entre los 2000 y 4000 msnm. Y otros, los llamados Bosques de la Puna, crecen en el centro y sur del país a altitudes que pueden llegar hasta los 5000 msnm.

#### **e. Bosques Secos del Marañón**

Se ubican a lo largo de la cuenca del río Marañón. Aquel que en el oeste se une al río Ucayali formando el Amazonas. Crecen a una altitud que oscila entre los 600 y los 1200 msnm, en los departamentos de Ancash, Huánuco, La Libertad, Cajamarca, Amazonas.

#### **f. Bosques Secos del Norte**

Se extienden a lo largo de la costa norte del Perú, por los departamentos de Piura, Tumbes, Lambayeque y pequeñas porciones de Cajamarca y La Libertad, y crecen en suelos generalmente arenosos.

Según Emrich, *et al.*, (2000) y Wadsworth (2000) las perturbaciones humanas significativas u otros disturbios durante períodos que exceden el largo normal de la vida de los árboles maduros, los bosques se clasifican en:

- **Bosque primario**

Se considera bosque primario aquel que ha existido sin perturbaciones humanas significativas u otros disturbios durante períodos que exceden el largo normal de la vida de los árboles maduros (de 60 a 80 años). En estos bosques relativamente estables, se desarrollan relaciones funcionales de preferencia, tolerancia, capacidad e interdependencia entre organismos, las cuales no se evidencian de otro modo.

- **Bosque secundario**

Es una secuencia de cobertura boscosa, que surge después de la devastación antropógena total (de más de 90%) de la cobertura boscosa primaria, medrando en una superficie de tal dimensión, que el cambio del microclima y las diferentes condiciones de regeneración conducen a una estructura distinta a la del bosque original, con otra

composición de especies arbóreas y otra dinámica, sin haber aún alcanzado de nuevo su estado original, es decir que se diferencia claramente del estado del bosque original.

La sucesión secundaria, es el proceso de recuperación del bosque después de que se abierto un claro. En el caso de un claro grande donde toda la vegetación haya sido destruida, como en el abandono de campos agrícolas, la sucesión empieza con el desarrollo de una vegetación dominada por hierbas (Flores, 2012).

Gálvez (2015) señala los bosques se clasifican según su origen en:

- **Bosque natural o nativo**

Bosque formado por especies autóctonas, provenientes de procesos naturales, regeneración natural o plantación bajo dosel con las mismas especies existentes en el área de distribución original que pueden tener presencia accidental de especies exóticas distribuidas al azar.

- **Bosque artificial**

Llamado también plantación forestal. Es cuando el hombre ha intervenido en su origen o repoblación.

Según el MINAM (2010) dentro del Patrimonio Forestal Nacional, comprende los siguientes tipos de bosque:

- a. Bosques de producción**

Se consideran a las superficies boscosas que por sus características bióticas y abióticas son aptas para la producción permanente y sostenible de madera y otros bienes y servicios ambientales, y que han sido clasificadas como tales por el INRENA dentro de la zonificación forestal.

- ✓ **Bosques de producción permanente**

Son áreas con bosques naturales primarios que mediante Resolución Ministerial del Ministro de Agricultura se ponen a disposición de los particulares para el aprovechamiento preferentemente de la madera y otros recursos forestales y de fauna silvestre a propuesta del INRENA (2000).

✓ **Bosques de producción en reserva**

Son bosques naturales primarios destinados a la producción preferentemente de madera y otros bienes y servicios forestales, que el Estado mantiene en reserva para su futura habilitación mediante concesiones. En estas áreas pueden otorgarse derechos para el aprovechamiento de productos diferentes a la madera y fauna silvestre, en tanto no se afecte el potencial aprovechable de dichos recursos.

**b. Bosques para aprovechamiento futuro**

Son bosques para el aprovechamiento a futuro, las superficies que por sus características bióticas y abióticas se encuentran en proceso de desarrollo para ser puestas, en su oportunidad, en producción permanente de madera y otros bienes y servicios ambientales. Estos bosques se subdividen en:

✓ **Plantaciones forestales**

Son aquellas logradas mediante el establecimiento de cobertura arbórea y arbustiva en áreas de capacidad de uso mayor forestal.

✓ **Bosques secundarios**

Son superficies boscosas pobladas por especies pioneras, formadas por pérdida o actividad humana.

✓ **Áreas de recuperación forestal**

Son tierras sin cubierta vegetal o con escasa cobertura arbórea o de bajo valor comercial, que requieren forestación y reforestación para reincorporarlas a la producción y prestación de servicios forestales.

**c. Bosques en tierras de protección**

Son aquellas superficies boscosas establecidas naturalmente en tierras clasificadas como de protección. El INRENA (2000) los identificaba como tales, previos los estudios correspondiente, en consideración a que por sus características sirven para la protección de suelos, mantenimiento del equilibrio hídrico y en general para la protección de recursos naturales y la diversidad biológica, así como para la conservación del medio ambiente. Dentro de esas áreas se promueven los usos indirectos como el ecoturismo, la recuperación de flora y fauna silvestre en vías de extinción y el aprovechamiento de productos no maderables.

**d. Bosques en áreas naturales protegidas**

Se consideran aquellas superficies necesarias para la conservación de la diversidad biológica y demás valores asociados de interés ambiental, cultural, paisajístico y científico, de conformidad con lo establecido en la Ley N° 26834 de áreas naturales protegidas.

**e. Bosques en comunidades nativas y campesinas**

Son aquellos bosques ubicados dentro del territorio reconocido por las comunidades nativas y campesinas. Su aprovechamiento está sujeto a las disposiciones de la Ley su Reglamento. No se otorgan concesiones forestales a terceros en tierras de comunidades nativas o campesinas.

**f. Bosques locales**

Los bosques locales son las áreas boscosas delimitadas por el INRENA, en bosques primarios residuales, bosques secundarios, o en tierras de protección, para el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales, mediante autorizaciones y permisos otorgados a las poblaciones rurales y centros poblados.

**1.2.3. Bosque en comunidades nativas**

Según MINAM (2010) son los bosques que se encuentran en el interior de las tierras de las comunidades nativas, cualquiera sea su categoría de capacidad de uso mayor o tipo de bosque o ecosistema, de conformidad con el artículo 89° de la Constitución Política del Perú.

El aprovechamiento por parte de estas comunidades de los recursos forestales y de fauna silvestre requiere permiso otorgado por la autoridad regional forestal y de fauna silvestre, a excepción de las actividades consideradas en el artículo 81° referido al uso de los recursos forestales y de fauna silvestre con fines domésticos, de autoconsumo o subsistencia. El manejo forestal de los bosques comunales que realizan las comunidades nativas se efectúa con autonomía, conforme a su cosmovisión y con planes de manejo, de acuerdo a lineamientos aprobados por el SERFOR que incorporen sus valores culturales, espirituales, cosmovisión y otros usos tradicionales del bosque, así como el control de la actividad por la propia comunidad y por el sector correspondiente.



### **1.3. EL RODAL**

Solano (2013) informa que el rodal es una parte del bosque, que se diferencia de otras por su composición, edad, estado, etc. Las áreas boscosas de hasta unas 3 hectáreas no se consideran bosques, sino rodales, aunque pueden ser manejados de igual manera.

Corvalán y Hernández (2006) informan que la definición clásica de un rodal es una porción del bosque definida sobre la base de un conjunto de criterios asociados a uno o más objetivos de manejo.

#### **1.3.1. Criterios para la formación del rodal**

Aceptando la diversidad de funciones que en el manejo forestal deben implementarse sobre el bosque para la consecución de sus objetivos; es muy probable que cada una de ellas genere una desagregación espacial del bosque distinto para hacer operativos sus planes generando una cobertura espacial específica. De la intersección de las distintas capas de cobertura nacer a un primer nivel de la desagregación del bosque en unidades homogéneas o rodales que permitan hacer operable los múltiples objetivos que sobre el bosque se intenta ejercer. Dependiendo de la magnitud y cantidad de rodales resultantes es probable que los criterios se restrinjan o relajen reiteradamente hasta conseguir un número de ellos que es satisfactorio para el manejo (Corvalán y Hernández, 2006).

#### **1.3.2. Las posibles clases de rodal**

Desde un punto de vista clásico los rodales se pueden distinguir de acuerdo a las composiciones de especies, edades, calidad de sitio e intervenciones, silviculturales. Estas variables en conjunto definen lo que se puede denominar la estructura de un rodal, que intenta describir la ocupación espacial de los individuos tanto en el dosel, el sotobosque y el suelo Donoso (1993), citado por Corvalán y Hernández (2006).

De acuerdo a las especies que lo componen se distinguen rodales puros y mixtos, siendo habituales las plantaciones y las especies colonizadoras en el primer caso y los bosques naturales en sitios de buena calidad en los segundos.

Según la edad, los rodales se pueden agrupar en rodales coetáneos y multietáneos. Son rodales coetáneos aquellos que se han establecido en un periodo de tiempo relativamente breve, lo que permite que durante la rotación o periodo en que el rodal alcanza la madurez, los arboles alcanzan tamaños relativamente uniformes.

Los rodales multietaneos son aquellos en que los individuos se origina en distintos periodos de tiempo, razón por la cual presentan distintos tamaños.

De acuerdo a las intervenciones silvícolas a que los rodales han sido sometidos, es posible rodales en intervenidos o no intervenidos. El conjunto de intervenciones que se ejerce sobre un rodal se denomina régimen silvícola y describe básicamente la oportunidad, intensidad y periodicidad con que se deben ejecutarse cada una de ellas. Los tipos de intervención más comunes son podas, raleos, fertilizaciones y reforestaciones en el caso de rodales coetáneos y cortas de cosecha, liberación, sanitarias y raleos en el caso de los rodales multietáneos.

### **1.3.3. Formas de presentación de un rodal**

En general la estructura puede representarse en término horizontal, vertical y conjunto. Donoso (1993), citado por Corvalán y Hernández (2006).

La estructura horizontal se refiere a la ocupación horizontal u ocupación superficial de los arboles sobre el suelo. Ella puede evaluarse en términos en diámetros, área basal (suma de áreas de fuste nivel del DAP) en valores por unidad de superficie, o estructura del dosel (expresión análoga al área basal pero en cobertura de copas).

La estructura vertical se refiere a la ocupación espacial de los fustes, sobre el suelo en términos de altura, para ello es común utilizar parámetros tales como la altura dominante o predominante de una proporción de los árboles de mayor tamaño del rodal, en el caso de los rodales coetáneos y posición de doseles por especie en el caso de rodales multietaneos.

La estructura espacial se refiere al volumen o integración del espacio ocupado por el rodal. En general se utiliza el volumen de algún atributo de este por unidad de superficie (volúmenes comerciales de fuste, por diámetros límites de utilización, con o sin corteza, brutos o netos). La modelación de la estructura de los rodales se realiza fundamentalmente a través de modelos de distribución de frecuencias de diámetros y/o alturas y/o volúmenes. Estos modelos deben representar al rodal y permitirá realizar la mayor cantidad de interferencias de interés, junto a otras variables.

#### **1.4. COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL DE UN BOSQUE O RODAL**

Conocer la estructura y composición de los bosques es importante ya que permite visualizar las posibilidades futuras de aprovechamiento de productos forestales maderables y no maderables (Aguirre *et al.*, 2013).

El análisis estructural de una comunidad vegetal, se hace con el propósito de valorar sociológicamente una muestra y establecer su categoría en la asociación. Puede realizarse según las necesidades puramente prácticas de la silvicultura o siguiendo las directrices teóricas de la sociología vegetal Otavo (1994) citado por Alvis (2009).

Un análisis de la estructura del bosque busca establecer cómo están distribuidos los individuos en el espacio disponible, es también una forma práctica de observar cómo y dónde están compitiendo los árboles y si existen estratos menos agresivos que otros Lamprecht (1990), citado por Zamora (2010).

El conocimiento de la distribución espacial de los árboles (tanto horizontal como vertical), es una herramienta valiosa como complemento de varios estudios (crecimiento, mortalidad); no es solo conocer qué ingresa, sale o se mantiene en el ecosistema, es importante además saber cómo se distribuyen espacialmente estas variables. Este conocimiento puede sugerir la existencia de otras variables importantes que afectan a los árboles dentro del bosque que no podrían ser observadas con los análisis tradicionales Monge (1999), citado por Zamora (2010).

Para describir la estructura horizontal del bosque se calcula: abundancia relativa, frecuencia relativa, dominancia relativa e índice valor de importancia ecológica Mostacedo & Fredericksen (2000); Moreno (2001), citado por Aguirre (2013), y la distribución de abundancia de árboles por clases diamétricas según Kraft (1884) citado por Álvarez & Varona, (2006), citado por Alvis, (2009). La estructura vertical se presenta mediante la descripción de los estratos (Aguirre, *et al.*, 2013).

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de las abundancias, frecuencias y

dominancias, cuya suma relativa genera el índice de valor de importancia (IVI) Krebs (1989) citado por Alvis, (2009).

La estructura de un bosque tiene un componente vertical (distribución de biomasa en el plano vertical), estratos, alturas y el componente horizontal (diámetro categorías; frecuencia, abundancia, dominancia, clases de frecuencia). Flores (2012).

Las características estructurales de un bosque natural son un aspecto muy importante para conocer su dinámica y especialmente para definir su estructura y composición, lo que permitirá diseñar un plan de manejo dependiendo de los resultados obtenidos Alvis (2009).

Los bosques naturales localizados en áreas cercanas a centros urbanos y áreas de futuras expansión urbana, son considerados como ecosistemas de importancia ambiental y ecológica, en razón a los innumerables beneficios que prestan a los habitantes de ciudades y pueblos. El conocimiento y evaluación de sus características estructurales y su dinámica, son un factor fundamental para determinar las posibilidades de utilización, bien sea en aspectos de producción, conservación o regulación.

El conocimiento de estos ecosistemas tan valiosos para la vida urbana, implica el diseño de mecanismos que permitan un adecuado manejo y conservación de sus potencialidades, lo cual exige cada día una mayor dedicación y conciencia sobre la importancia de estos espacios naturales para el bienestar de las poblaciones actuales y futuras. La comprensión de sus diferentes aspectos ecológicos y estructurales, permitirá orientar de manera más eficaz el manejo exitoso de este tipo bosques.

La permanente presión antrópica sobre los recursos naturales y especialmente sobre los ecosistemas naturales localizados cerca a los centros urbanos nos exige, a los profesionales del sector forestal con el apoyo de otras disciplinas, un trabajo constante mediante el cual se pueda conocer y evaluar las condiciones en que se encuentran estos bosques, con el fin de definir orientar su manejo en las condiciones más adecuadas y con los mejores resultados Alvis (2009).

Valerio y Salas (1997 citado en Zamora, 2010) definen estructura vertical y horizontal, así como los factores que afectan su variación dentro del bosque, basándose en ciertas bases ecológicas de las que se puede mencionar:

- ✓ La estructura original del bosque es la mejor respuesta del ecosistema ante las variables del clima y el suelo.
- ✓ Hay procesos naturales que tienden a mantener la estructura original del bosque (silvigénesis).
- ✓ La dinámica de cada una de las poblaciones se caracteriza por estrategias propias de auto perpetuación basadas en las características y requerimientos de las especies.

#### **1.4.1. Estructura horizontal**

Las condiciones de suelo y del clima, las características y estrategias de las especies y los efectos de disturbios sobre la dinámica del bosque determinan la estructura horizontal del bosque, que se refleja en la distribución de los árboles por clase diamétrica. Esta estructura es el resultado de la respuesta de las plantas al ambiente y a las limitaciones y amenazas que este presenta. Cambios en estos factores pueden causar cambios en la estructura, los cuales pueden ser intrínsecos a los procesos dinámicos del bosque (por ejemplo, durante las fases iniciales de la sucesión, la existencia de una estructura boscosa en sí misma cambia el ambiente sobre el suelo, lo que afecta las oportunidades de germinar y establecerse) (Louman, 2001 citado en Zamora, 2010).

Básicamente, la estructura horizontal se refiere al acomodo espacial de los individuos, este arreglo no es aleatorio pues sigue modelos complejos difíciles de manejar. Este comportamiento se puede reflejar en la distribución de los individuos por clase diamétrica, la cual sigue generalmente una forma de “J” invertida para el total de las especies. Esta tendencia no está siempre presente al realizar el análisis por especie (Monge, 1999 citado en Zamora, 2010).

La estructura horizontal es la extensión de las especies arbóreas. En los bosques tropicales este fenómeno se refleja en la distribución de individuos por clase diamétrica. La distribución normal para la mayoría de las especies en los bosques tropicales es la de ‘J invertida’, aunque algunas no parecen tener una tendencia identificable debido a características particulares.

Los altos valores de abundancia y frecuencia son característicos de las especies con distribución horizontal continua, mientras que una alta abundancia y baja frecuencia son características de las especies con tendencia a la conglomeración local en grupos pequeños distanciados unos de otros. Una baja abundancia y alta frecuencia combinadas con dominancia alta son características típicas de los árboles aislados de gran tamaño; por lo general, no son numerosos pero se encuentran uniformemente distribuidos en grandes extensiones. Finalmente, los bajos valores de abundancia, frecuencia y dominancia se asocian a las especies ‘acompañantes’, las cuales no poseen mayor importancia ecológica ni económica (Matteucci y Colma, 1982 citado en Manzanero y Pinelo, 2004).

En el estudio de la composición horizontal del bosque se analizan diferentes aspectos que ayudan a obtener una mejor comprensión del bosque como lo son la riqueza y diversidad florística, distribución diamétrica, área basal, índice de Shannon, cociente de mezcla, índice de riqueza, índice de Simpson y coeficiente de afinidad de Sørensen (Hernández, 1999 citado en Zamora, 2010).

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque (Melo y Vargas, 2003 citado en Zamora, 2010) la cual es posible determinarla mediante su riqueza y distribución florística, distribución diamétrica y área basal. También se puede describir la estructura horizontal en términos de frecuencia, abundancia y dominancia (Hernández, 1999 citado en Zamora, 2010).

#### **a. La abundancia**

Es el número de individuos que posee una especie en un área determinada. Cuando se refiere al número de individuos por especie corresponde a la abundancia absoluta y cuando es el porcentaje de individuos de cada especie con relación al número total de individuos del ecosistema se habla de abundancia relativa (Melo y Vargas, 2003 citado en Zamora, 2010).

#### **b. La frecuencia**

Se entiende como la posibilidad de encontrar un árbol de una determinada especie, al menos una vez, en una unidad de muestreo. Se expresa como el porcentaje de unidades

de muestreo en las que se encuentra el árbol en relación al número total de unidades de muestreo (Melo y Vargas, 2003 citado en Zamora, 2010).

**c. La dominancia**

También denominada grado de cobertura de las especies, es la proporción del terreno o área basal ocupada por el fuste de un árbol de una especie en relación con el área total (Melo y Vargas, 2003 citado en Zamora, 2010).

**d. El Índice de Valor de Importancia (IVI)**

Como el estudio de la frecuencia, abundancia y dominancia de las especies no siempre reflejan un enfoque global de la vegetación, se utiliza el método propuesto por (Curtis y McIntosh ,1950 citado en Zamora 2010) el cual consiste en calcular la sumatoria de la frecuencia, abundancia y dominancia, de forma que sea posible comparar el peso ecológico de cada especie dentro de un bosque determinado. A esto se le conoce como el Índice de Valor de Importancia (IVI) (Hernández, 1999 citado en Zamora, 2010).

El análisis de cada uno de los parámetros que constituyen el IVI permite formarse la idea sobre un determinado aspecto de la estructura del bosque. En forma aislada este análisis sólo suministra información parcial del bosque, donde lo ideal es combinar las variables en una u otro forma para llegar a una sola expresión sencilla que abarque el aspecto estructural en su conjunto y así lograr una visión integral del bosque (Hernández, 1999citado en Zamora, 2010).

**e. Riqueza y diversidad florística**

Ambos conceptos se refieren a una de las características sobresalientes de los bosques tropicales. Se denomina **riqueza** al número total de especies de cualquier tamaño y forma de vida en un área dada. Por otro lado, la **diversidad florística** se refiere a la distribución de los individuos entre el total de especies presentes y es un indicador de intensidad de mezcla del rodal. Al igual que la riqueza florística, este valor va a depender del límite mínimo de medición y la referencia del área (Hernández, 1999 citado en Zamora, 2010).

#### **f. Curva especie-área**

Cabe destacar, que la riqueza florística se evalúa de la **curva área-especie**, la cual proporciona información sobre el incremento de especies en superficies crecientes, a partir de un diámetro mínimo considerado. Esta curva proporciona en parte la información para detectar en qué superficie no es significativo el incremento de nuevas especies (Manzanero, 1999 citado en Zamora, 2010).

Es la relación número de especies según área muestreada ó evaluada, siendo la relación que a mayor área muestreada mayor número de especies identificadas, la cual será limitada en base al punto de inflexión de dicha curva, indicando el máximo de especies identificadas por área.

Esta curva nos indica el tamaño de área en el que si se sigue trabajando ya no habrá grandes aportes al número de especies que se evalúan, esto sucede en el momento en que la curva se horizontaliza (Punto de Inflexión), Antón y Reynel (2004).

#### **g. Cociente de mezcla**

Por otra parte, la diversidad florística se evalúa a través del cociente de mezcla que es el resultado de la división del total de árboles encontrados entre el número de especies encontradas a partir de un diámetro mínimo considerado y en una superficie dada (Manzanero, 1999 citado en Zamora, 2010).

#### **h. Especies endémicas y especies raras**

- **El endemismo**

Es un término utilizado en biología para indicar que la distribución de un taxón (sub-especies, géneros, variedades, familias, otros) está limitado a un ámbito geográfico reducido, no encontrándose de forma natural en ninguna otra parte del mundo. Una especie es endémica de una región porque solo se encuentra en ese lugar, Antón y Reynel (2004).

- **La rareza**

Se puede dar en una planta o animal, la rareza se refiere a los pocos individuos o a que se encuentran en áreas aisladas, genéticamente son únicas. Por lo general son inferiores a 10000 individuos. Una especie es rara debido principalmente a 4 factores:



- ✓ La extensión geográfica que ocupa,
- ✓ Su especificidad de hábitats o amplitud ecológica,
- ✓ La abundancia que alcanza en una determinada localidad
- ✓ La ocupación del hábitat.

A partir de la biología de los organismos contamos con dos teorías que explican regularidades macro ecológicas, es decir, la distribución, abundancia y diversidad en áreas geográficas extensas. Nos referimos a la teoría de Brown y la noción del compromiso entre las especies generalistas y especialistas. Parte de la premisa de que las especies varían en su capacidad para explotar recursos que necesitan: unas especies disponen de un nicho ecológico extenso, explotan una gama de recursos y toleran intervalos muy amplios de condiciones ambientales; otras especies cuentan con un nicho restringido. El centro de la extensión geográfica donde se halla presente una especie corresponde a la región en donde ésta puede explotar una mayor combinación de recursos y, por tanto, de hábitats; la especie presentara aquí su mayor abundancia local. Conforme nos alejamos de ese centro, los recursos y condiciones que favorecen a la especie escasean cada vez más, Antón y Reynel (2004).

Siempre se ha considerado que los bosques húmedos son muchos más diversos que los bosques secos, pero esto es solo una verdad relativa. Los ecosistemas de los bosques húmedos presentan una mayor diversidad calculada como número de especies de plantas por unidad de área. Sin embargo estas plantas vienen a ocupar relativamente pocas formas de vida, debido principalmente a la estabilidad de las condiciones para el crecimiento lo cual aumenta la homogeneidad relativa de las formas de vida (árboles y arbustos, hierbas, enredaderas, epífitas, etc). Por su parte los bosques secos presentan una mayor variedad de formas de vida lo cual los convierte en bosques menos homogéneos que los bosques húmedos; esta misma característica favorece la presencia de endemismos dentro de los ecosistemas más secos (Monge, 1999 citado en Zamora, 2010).

En los bosques neotropicales la riqueza de especies y la precipitación muestran una alta relación, por lo que generalmente los bosques secos son menos diversos que los bosques húmedos o lluviosos. Se ha reportado que en los bosques secos el promedio de diversidad o riqueza es de 64,9 especies en comparación con 152 especies de las tierras

bajas de los bosques húmedos o lluviosos y para Costa Rica la riqueza de especies en el bosque húmedo es el doble que en bosque seco (Hernández, 1999 citado en Zamora, 2010).

En los bosques secos no existe una alta relación entre la diversidad y la precipitación, no ocurren cambios significativos en la diversidad de las comunidades con la precipitación. Esto aparentemente porque una vez alcanzado el umbral de precipitación necesario para mantener el dosel cerrado, aumentos en la cantidad de precipitación son insignificantes hasta que los valores sean lo suficientemente altos para mantener una mayor diversidad (Hernández, 1999 citado en Zamora, 2010).

#### **1.4.2. Estructura vertical**

Se define como la distribución de los individuos a lo alto del perfil. Esta distribución responde a las características de las especies que la conforman y a las condiciones microclimáticas que varían al moverse de arriba abajo en el perfil (Valerio y Salas, 1997 citado en Zamora, 2010): radiación, temperatura, viento, humedad relativa, evapotranspiración y concentración de CO<sub>2</sub>.

Las estructuras totales en el plano vertical constituyen la organización vertical de un bosque, y se definen como las distribuciones que presentan las masas foliares en el plano vertical, o las distribuciones cuantitativas de las variables medidas en el plano vertical, tal como la altura. El plano vertical del bosque se clasifica con base en perfiles (Finegan, 1993 citado en Manzanero y Pinelo, 2004), y su estructura responde a las características de las especies que la componen y a las condiciones microclimáticas presentes en las diferentes alturas del perfil.

Los estratos que se refieren a la compleja superposición de capas de las copas de árboles y arbustos, están definidos por diferentes condiciones microambientales y están conformados por agrupaciones de individuos que han encontrado un lugar adecuado para satisfacer sus necesidades energéticas y expresan plenamente su modelo arquitectural; no se consideran dentro del perfil los individuos que están de paso hacia niveles superiores Valerio y Salas (1997). Según los lineamientos establecidos por (IUFRO 1968, citado en Valerio y Salas, 1997) el bosque tropical está dividido usualmente en tres estratos, conocido el primero como estrato superior, luego el estrato medio y el estrato inferior.

Los diferentes estratos pueden ser dominados por una o varias especies y esto responde a la variedad de temperamentos que presentan las especies. Luego de la apertura de un claro inicia un proceso dinámico de desarrollo de “estratos” donde las diferentes especies pueden llegar a ocupar lugares dentro de los perfiles (no necesariamente de forma permanente), hasta que el ecosistema recupere una estructura similar a la que fue dañada o destruida. Estas aperturas son también aprovechadas por árboles cercanos a la perturbación para extender sus copas y llenar los espacios abiertos desde arriba (Monge, 1999 citado en Zamora, 2010).

Conforme se asciende en el perfil el número de especies e individuos por unidad de área disminuye y las características físicas como forma y posición de copa tienden a mejorar paulatinamente y además permiten junto con el desarrollo vertical realizar una caracterización adecuada del bosque (Hernández, 1999 citado en Zamora, 2010).

Según Flores (2012). La estructura vertical del bosque está determinada por su grado de ocupación del estrato arbóreo en el plano vertical, conformado por: maduros:  $\geq 50$  cm de DAP, adolescentes: 20 a 49.9 cm de DAP, Fustal: 10 a 19.9 cm de DAP, Latizal: 5 a 9.9 cm de DAP, Brinzal: 0.3 mh a 4.9 cm de DAP, Plántula:  $< 0.3$  mh. Mientras FAO (2018), considera los siguientes estratos arbóreos: Brinzales B (DAP  $< 2,5$  cm y altura  $\geq 0,3$  m); Latizales L ( $10 \text{ cm} > \text{DAP} \geq 2,5 \text{ cm}$ ); Fustales F ( $30 \text{ cm} > \text{DAP} \geq 10 \text{ cm}$ ) y Fustales grandes FG (DAP  $\geq 30$  cm).

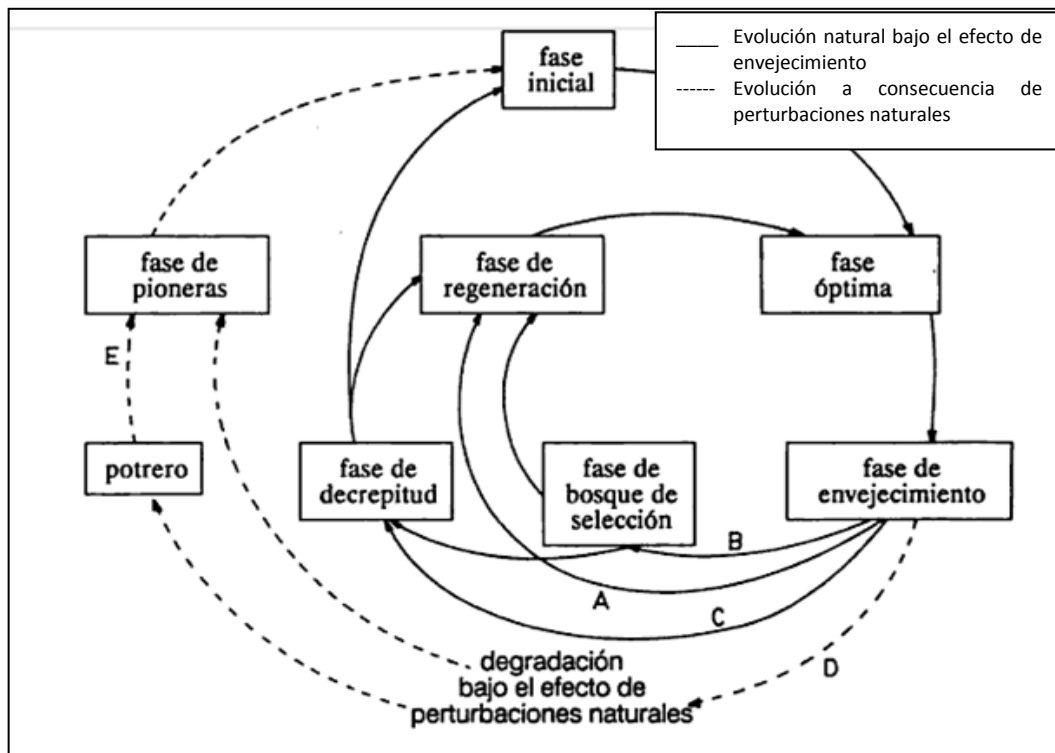
## **1.5. REGENERACIÓN DEL BOSQUE**

La regeneración, es un proceso en el cual la masa forestal existente se sustituye por una nueva. Tal es así que, la composición, la calidad y la cantidad de un bosque dependen de su regeneración. Existen dos métodos: regeneración natural y artificial Gálvez, (2015).

### **1.5.1. Regeneración natural del bosque**

En todo ecosistema forestal ocurre una serie de procesos naturales que rige la dinámica del mismo. Entre estos procesos se pueden mencionar el envejecimiento, tanto a nivel de cada árbol (muerte al quebrarse o al arrancarse de raíz), como a nivel de un grupo, y la regeneración de rodales a través de la dispersión de semillas. A estos procesos característicos de cada bosque puede sobreponerse perturbaciones naturales (derrumbes,

terremotos, inundaciones, etc.), que alteran completamente la dinámica del ecosistema, como se puede ver en la siguiente figura 1.1. Beek y Sáenz (1992).



**Figura 1.1.** Representación esquemática de la dinámica de un ecosistema forestal

La conservación de un ecosistema forestal productivo requiere intervenciones silviculturales adecuadas (perturbaciones antropogénicas) para guiar su dinámica a una producción sostenible, perpetua y óptima de madera, de beneficios intrínsecos (protección, conservación de biodiversidad, recreo) y otro productos forestales Beek y Sáenz (1992).

Según Hernández (s/f). La regeneración o reproducción forestal es un proceso en el cual la masa forestal existente se sustituye por una nueva. Para la renovación de las masas forestales, se han desarrollado métodos de regeneración. Los métodos de regeneración son procedimientos ordenados que incluyen la corta parcial o total de la masa forestal existente, y el establecimiento de una nueva.

La regeneración natural del bosque continua siendo el método más deseable de manejo es pues la sustentabilidad concebida para mantener la producción madera y para proteger a la vez la ecología del bosque tropical (Alegría *et al.*, s/f).

### **1.5.1.1. Clasificación de regeneración natural del bosque**

Según Beek y Sáenz (1992), se clasifica en dimensional y ecológica.

#### **a. Clasificación dimensional**

Los primeros años de establecimiento y crecimiento de la regeneración natural, requiere dar un mantenimiento relativamente intensivo, con el propósito de optimizar su producción. El mantenimiento necesario varía según el tamaño alcanzado por la regeneración, iniciándose con una selección negativa (cortando únicamente los individuos mal formados o especies no deseadas) en la etapa de brinzales y pasando a una selección positiva (favoreciendo los mejores individuos seleccionados) cuando han alcanzado un tamaño que permite fácilmente reconocer los individuos de mejor calidad (fase de latizal).

#### **b. Clasificación ecológica**

Desde el punto de vista ecológico, la luz es uno de los principales factores que afecta las posibilidades de establecimiento y crecimiento de la regeneración, por esta razón resulta indispensable clasificar las especies en función de su temperamento. Esta clasificación es uno de los elementos fundamentales para elegir la técnica silvicultural de regeneración más apropiada.

Hay muchas clasificaciones en base al temperamento, siendo la más sencilla, la distinción entre especies heliófilas (intolerantes a la sombra) y esciófitas (tolerantes a la sombra). Sin embargo existen patrones intermedios dentro de estas dos categorías. Ejemplo, la interacción entre la dinámica de aperturas y las diferentes características biológicas de las especies:

- ✓ Especies que se establecen y crecen bajo dosel.
- ✓ Especies que se establecen y crecen bajo dosel, pero que se benefician con los claros
- ✓ Especies que se establecen bajo dosel, pero requieren claros para crecer
- ✓ Especies que se establecen y crecen solamente en claros.

Con fines prácticos para determinar el sistema de regeneración más apropiado a una especie, considerando el establecimiento, así como el crecimiento de la regeneración, se clasifica en:

- ✓ Heliófilas efímeras (se establecen y crecen solamente en claros grandes).
- ✓ Heliófilas durables (se establecen bajo dosel pero requiere de claros para crecer).
- ✓ Esciófitas parciales (se establecen y crecen bajo dosel, pero exigen luz directa para pasar de la etapa de fuste joven a fuste maduro)
- ✓ Esciófitas totales (se establecen y crecen bajo dosel).

### **1.5.1.2. Factores que influyen en la regeneración natural del bosque**

Según Beek y Sáenz (1992) los factores que participan en la regeneración natural de los bosques son los ambientales y bióticos.

#### **a. Factores ambientales**

Los procesos naturales de la dinámica del bosque no son afectados únicamente por las perturbaciones naturales antes mencionados (derrumbes, terremotos, inundaciones, etc.), si no también son regulados constantemente por factores ambientales (clima, suelo, etc.), la luz, la temperatura, la duración del día, la precipitación, la humedad y el viento ejercen un fuerte control sobre la fisiología y la reproducción, lo cual se refleja en la estructura del ecosistema.

El conocimiento de estos factores ambientales y de su influencia sobre el ciclo natural del bosque y en modo especial sobre la regeneración natural, es de suma importancia para el desarrollo de formas sostenibles de manejo Beek y Sáenz (1992). Un análisis detallado de cada factor ambiental y de su influencia sobre la regeneración natural, sería demasiado extenso para el presente trabajo, sin embargo se debe tener en consideración estos factores al momento de aplicar los diferentes sistemas de regeneración natural.

#### **b. Factores bióticos**

La macro y microfauna, parásitos vegetales y las mismas especies forestales que forman el bosque, son los factores bióticos que más afectan positiva o negativamente al establecimiento y crecimiento de la regeneración del bosque.

##### **b.1. Competencia entre especies**

Uno de los factores bióticos más relevantes puede considerarse la competencia por agua, luz, etc., entre diferentes especies o entre las mismas especies que forman el bosque.

## **b.2. Macro y microfauna**

La fauna presente en el bosque es sin duda otro factor biótico relevante para el establecimiento y crecimiento de la regeneración natural, pudiendo influenciar ya sea favorablemente sobre la misma. El efecto positivo se produce al favorecer la dispersión de semillas. Sobre todo en el caso de los rodales, cuyos frutos pesados caen directamente al pie de los árboles semilleros, las ardillas y otros roedores juegan un papel determinante en la dispersión de las mismas. Por otro lado los insectos y las aves pueden afectar considerablemente el éxito de la germinación de las semillas, llegando a destruir hasta el 100% de la producción semillera de un árbol. Asimismo, se debe considerar el efecto negativo que los roedores pueden tener sobre el desarrollo de las plántulas, al comerse las raíces o la corteza de las mismas.

## **b.3. Parásitos vegetales**

Al igual que la macro y microfauna, también los parásitos vegetales, como una amplia serie de hongos, puede afectar positiva o negativamente el establecimiento y desarrollo de especies forestales. La introducción de nuevas especies en un ecosistema también puede aportar plagas que antes no se observaban Beek y Sáenz (1992).

### **1.5.2. Métodos de regeneración artificial del bosque**

En la regeneración artificial, los renuevos del bosque y rodales son establecidos con la intervención del hombre. Este elige, el terreno, las especies forestales, el método de establecimiento y la tecnología en general Gálvez (2015).

### **1.5.3. Tratamientos silviculturales del bosque**

La silvicultura se define como la teoría y práctica de controlar el establecimiento, composición, constitución y crecimiento de los bosques (Ford-Robertson, 1971 citado en Wadsworth, 2000). Su práctica se basa en las leyes naturales de la ecología forestal. Aunque la silvicultura tiene un propósito humano, el manejo debe servir a la silvicultura en vez de ser su dueño (Schlich, 1925 citado en Wadsworth, 2000). La intervención silvicultural en los bosques naturales podría modificar el microambiente, el ciclo hidrológico, las propiedades del suelo y la estructura y composición genética de los bosques, a la par que su crecimiento. Con un manejo adecuado, los bosques se modifican de manera controlada, y aún si difieren en buena medida de los bosques

naturales, pueden ser más vigorosos y productivos, y libres de lesiones (Smith, 1962 citado en Wadsworth, 2000).

Según Manzanero y Pinelo (2004) el objetivo de los tratamientos silviculturales es provocar cambios en la estructura del bosque con la finalidad de asegurar el establecimiento de la regeneración e incrementar el crecimiento en función de un beneficio económico futuro. En la aplicación de tratamientos hay riesgos de disminuir la diversidad y la proporción de especies de árboles. Si la aplicación no se planifica debidamente, se podría poner en peligro la estabilidad del bosque. En la aplicación de los tratamientos silviculturales es necesario que el personal que interviene esté bien capacitado en la identificación de árboles.

## **1.6. EL PINO (*Pinus radiata*)**

### **1.6.1. Taxonomía**

Según Vinueza (2013).

División	: Pinophyta
Sub-división	: Gimnospermas
Clase	: Pinopsida
Orden	: Pinales
Familia	: Pinaceae
Sub-familia	: Pinoideae
Género	: <i>Pinus</i>
Especie	: <i>Pinus radiata</i>
Nombre vulgar	: Pino

### **1.6.2. Origen de los pinos**

FAO (2013) menciona que se conocen cerca de 100 especies diferentes de pinos, utilizadas por su madera; la mayoría son originarias de las zonas templadas y mediterráneas de Europa, Asia y Norteamérica (California). Las especies tropicales de pinos se encuentran principalmente en áreas montañosas. Se distinguen tres grandes zonas de origen: la zona centroamericana, que incluye las montañas desde México hasta Nicaragua; la zona caribeña, con Cuba, Haití, República Dominicana, Honduras y Belice; y la zona asiática, con las montañas de Birmania, India, Tailandia, Malasia, Indonesia, Filipinas, Vietnam y China, incluyendo Taiwán.



FAO (2013) indica que *Pinus radiata*, y sin duda el más conocido de las coníferas expatriadas de Norteamérica, es una planta exótica más ampliamente difundida en el mundo. El nombre específico, radiata, viene de sus escalas del cono de radiación. En la literatura de principios fue a menudo llamados *P. insignis* Dougl., como se describe por separado un poco más tarde por Douglas (Bannister, 1954; Lavery y Mead, 1998). El común casi universal nombre de la especie y la madera es de pino radiata (o pino radiata en español), pero todavía se conoce como pino Monterey en los Estados Unidos de América y en algunos otros países de habla inglesa, o como *Pino insigne* o *Pino de Monterrey* en un poco de español. *Insignis* (o *insigne* en español) se puede traducir como “notable”, es decir que la especie está a la altura.

### **1.6.3. Distribución**

Sánchez y Rodríguez (2002) informan que *Pinus radiata* es una especie original de California. Se desarrolla en casi cualquier suelo, pero prefiere suelos silíceos y muy profundos. Prefiere climas templados o cálidos, puesto que no soporta inviernos muy fríos, pero soporta hasta temperaturas ocasionales de hasta -12°C. En cuanto a las precipitaciones el óptimo para la especie es de 800 a 1700 mm anuales, por otro lado, puede tolerar hasta 4 meses de sequía estival.

FAO (2013) indica que hoy en día hay más de cuatro millones de hectáreas de *pino radiata* plantado en todo el mundo (tabla 1.1.), con las plantaciones más grandes de Chile y Nueva Zelanda (aproximadamente 1,5 millones de hectáreas cada uno) y Australia (0,77 millones de hectáreas). Entre ellos, los tres países del hemisferio sur representan más del 90 por ciento de las plantaciones de *pino radiata* del mundo. La especie también se cultiva en una escala moderada en España (0,29 millones de hectáreas) y Sudáfrica (57 000 ha), y en una pequeña escala en varios otros países. La expansión de los bosques de *pino radiata* ha sido rápida en el último medio siglo, de ser sólo alrededor de 650 000 hectáreas en todo el mundo a mediados de 1950 Scott (1960).

**Tabla 1.1.** Estimado de plantaciones de *Pinus radiata* y cambio anual promedio durante los últimos cinco años, junto con los principales usos

País	Área estimada (Ha)	Nueva área o pérdida (Ha/año)	Principales usos
Australia	773 * (2010)	1.5 *	Troncos para aserrar, postes, la energía, vivienda
Chile	1 478 * (2009)	11.5 *	Trozos de aserrío, chapas, energía, controlar erosión
	20 * (1990)	SD	Control de la erosión, trozas, hongos Agroforestales, registro de exportación,
Ecuador	1 545* (2011)	-11 *	trozas, postes y piquetes, energía, vivienda, control de la erosión
Italia	6**(2005)	0 *	
	287***(2006)	SD	Troncos para aserrar, plantaciones agroforestales mixtos
Sur de África	57 *(2008)	-2 *	Trozos de aserrío, trozas para chapas, postes y postes
Argentina	5.5 * (2011)	0	
Otros	35	-1	
<b>TOTAL</b>	<b>4207</b>		

\* Utiliza la información en el país hasta el año 2011; \*\* FAO (2006); \*\*\* MMAMRM (2006); estimación incluye 61 000 ha de la mezcla especies. Nota: El año de estimación se contempla en los paréntesis, SD = sin dato

#### 1.6.4. Hábitat

Ruano (2008) indica que esta especie de California, se adapta bien a las altas montañas tropicales hasta 3,700 metros.

Solano (2013) indica que el clima adecuado para el pino es:

- Precipitación : 650-1600 mm
- Régimen de lluvias : invierno uniforme
- Estación seca : dos a tres meses
- Temperatura : Media máxima del mes más cálido 20-30 °C  
: Media mínima del mes más frío 2-12°C Promedio 11-18°C
- Suelo: textura : Arenoso o Franco arenoso. Reacción pH : Ácido
- Drenaje : Bueno

El *Pinus radiata* prefiere climas templados, aunque resiste ligeras heladas. Cuando está bien establecido tolera la sequía y crece en zonas donde la precipitación anual no supera los 400 mm. Donde los veranos son húmedos (como en la sierra) es susceptible a los hongos como *Dothistroma pini*, esta es la situación actual en Cajamarca. La susceptibilidad aumenta donde hay neblina. Plantado en zonas ecológicamente inadecuadas puede crecer muy a los primeros años; más su verdadera debilidad se pone de manifiesto después con la aparición de plagas y enfermedades y una marcada reducción en el crecimiento.

Crece mejor en suelos sueltos, profundos (por lo menos 60 cm.), bien drenados y ricos. Por lo tanto, no se adapta a suelos compactos, muy arcillosos, mal drenados y superficiales, pero sí tolera los moderadamente pedregosos. La deficiencia de algunos macros y micro elementos (N, P, B y Cu) puede limitar seriamente el crecimiento de esta especie.

El hecho de plantar una planta de calidad hace que ésta sobreviva mejor y se establezca lo suficientemente rápido como para mostrar un buen crecimiento en altura durante el mismo año de la plantación, y por lo tanto será más capaz de desarrollar todo su potencial genético. La calidad de planta comprende los caracteres fisiológicos y estructurales que pueden estar cuantitativamente ligados al éxito de la repoblación. En los últimos 30 años, los técnicos de campo, se han dado cuenta que el diámetro del tallo y la altura de la planta no son los únicos factores que afectan al desarrollo de las plantas en el campo y que es la interacción de numerosos factores que, actuando juntos, producen la respuesta deseada en el campo.

#### **1.6.5. Descripción**

Sánchez y Rodríguez (2002) mencionan que es un árbol de talla media a elevada, de aproximadamente 45 metros de altura. La ventaja es que es una especie de crecimiento rápido, ya que puede alcanzar un diámetro de tronco de más de 50 cm en 20 años. Posee una copa piramidal en su juventud y aplanada o abovedada a la madurez, con ramas inferiores extendidas. Tiene el tronco recto con ritidoma grueso de color pardo- rojizo. Las hojas de agujas son de unos 15cm de longitud agrupadas en tres. Los Estróbilos ovoides de 7-14 cm de longitud están agrupados en parejas o verticilos de 3-5, con las escamas externas muy prominentes.

Ruano (2008) menciona que los pinos son arboles resinosos y monoicos (cada ejemplar presenta órganos reproductores masculinos y femeninos), teniendo lugar la fecundación a lo largo de la primavera, durante la que emiten polen que se dispersa de forma anemograma (por medio del viento).

Las flores masculinas son en forma de amento, con un tono amarillo oscuro y rosado. Los órganos femeninos se sitúan en inflorescencias rojo-violáceas. Una vez fecundadas, dan lugar a pequeñas piñas ovoides que van evolucionando hasta alcanzar tamaños de unos 10 -20 centímetros. Se agrupan de dos en dos o de tres en tres, careciendo prácticamente de pedúnculos, y presentan unos colores pardos rojizos brillantes.

Son de tronco derecho, con ramas dispuestas en pisos quedan a la copa una forma cilíndrica o piramidal. La corteza es rugosa y forma generalmente escamas. Las hojas están transformadas en “agujas”, agrupadas por 2-5 en la base. Los pinos pertenecen a las coníferas, arboles caracterizados por la ausencia de flores y frutos verdaderos.

#### **1.6.6. Propagación**

Ruano (2008) indica que todos los pinos se propagan por semillas. Presenta 1,000 (pino europeo) y 200,000 (pino caribeño) semillas por kilo según las especies. Se pueden conservar por muchos años en frío. Para obtener una buena germinación, se ponen en remojo un día en agua fría y después en nevera a 4°C-5°C por 2 o 3 días. Se colocan en semilleros de arena bien desinfectada y se siembran al voleo de tal manera a tener 600-700 plántulas por metro cuadrado. Se tapan con una capa fina de arena. Germinan en 8-20 días. Son muy sensibles al derretimiento y no se pueden regar en exceso. Cuando tienen 4 hojas (2-3 meses) las plántulas se repican en bolsas pequeñas.

Generalmente la tierra de las bolsas se inocula con la tierra proveniente de una plantación de pinos que tenga micorrizas, o sea hongos asociados a las raíces que mejoran la nutrición del árbol.

#### **1.6.7. Plagas y enfermedades**

Ruano (2008) reporta que, en un conjunto muy generalizado de viveros forestales, las enfermedades causadas por agentes o factores bióticos son las más numerosas, seguidas de cerca por los patógenos bióticos y excepcionalmente por insectos.

Ruano (2008) menciona que los pinos pueden ser atacados por orugas, pulgones, hormigas defoliadoras, escarabajos, grillos, etc. Son particularmente sensibles en vivero a los hongos del derretimiento (*Pythium*). El hongo *Armillaria* provocan la pudrición de la raíz en arboles adultos.

#### a) Enfermedades fúngicas

Ruano (2008) indica a continuación las siguientes enfermedades:

- ***Gremmeniella abietina***

(Sinónimo *Sclerodemis lagerbergii*, *Ascocalyx abietina*, conocida en el Reino Unido como *Brunchorstia*, en otros países como *Scleroderris*). Enfermedad de los brotes del pino, particularmente sobre *P. sylvestris*, *P. nigra*, *P. cembra*, *P. contorta*, y *p. mugo*; ataca a veces a *Picea abies* y raramente a *Pseudotsuga spp.*, *Abies spp.* y *Larix spp.*

Una alta densidad de brinzales en el cultivo, deficiencia de luz y alta fertilización incrementan la posibilidad del ataque. El remediar dichos factores, así como la destrucción del material infectado es una opción para su control.

#### **Control químico**

Clorotalonil, Propiconazol, Vinclozolina, etc.

- ***Botrytis cinérea***

También llamado podredumbre gris, que afecta a los brinzales jóvenes de coníferas, cuando la humedad es elevada, la temperatura se estaciona alrededor de los 18° C y hay un exceso de fertilización. Puede desarrollarse en las plantitas después de haber sido afectadas por una escarcha o una fertilización, o por un mal almacenaje de las plantitas en condiciones de frío. El rango de huéspedes es muy amplio; la mayoría de las plantas cultivadas en zonas templadas son susceptibles de padecer la podredumbre gris, *Sequoia* y *Cupressus* son muy susceptibles; *Picea abies*, *Acer pseudoplatanus*, *Pinus pinaster*, *Pinus radiata*, *Pinus sylvestris*, *Eucalyptus spp.*, etc.

#### **Control químico**

Benomilo, Captano, Diclofluanida, Tiram, Vinclozolina, etc.

- ***Lophodermium seditiosum***

Marchitamiento de las hojas del pino. El ataque es frecuente en viveros de *Pinus sylvestris*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. pinea*, etc. Las acículas infectadas presentan pequeñas manchas amarillas verdosas que viran a rosas y purpúreas. Un exceso de fertilización con nitrógeno predispone a los brinzales a ser atacados, así como un exceso de riego o lluvia desde junio a septiembre.

No es aconsejable que haya cerca al vivero plantaciones viejas de pino, así como no tapar las semillas con un mulch de acículas de pino; además, como en otros casos, no elevar la densidad de las poblaciones, regar por la mañana y sobre todo detectar la infección lo más prematuramente posible.

#### **Control químico**

Benomilo, Cobre, Clortalonil, Maneb, Zineb, Mancozeb, etc.

- ***Phytophthora spp***

También llamado podredumbre del cuello o podredumbre de la raíz; muchos de los miembros del grupo son patógenos muy destructivos en viveros. Los ataques a las raíces causan unos síntomas muy parecidos a los del grupo del “damping-off”. Los síntomas dependen del estado de desarrollo de la planta huésped: cuando el ataque ocurre antes de la emergencia del brinzal, el embrión se vuelve de color marrón oscuro y rojizo.

En jóvenes brinzales con hojas cotiledóneas, *Phytophthora* causan damping-off. En plantas viejas infecta raíces y los tejidos del cuello presentan una decoloración pardo-rojiza, visible raspando la corteza. En el caso de un fuerte ataque, todo el sistema radical muere y muchas raíces secundarias desaparecen.

#### **Control químico**

Fosetil-alt, Etridiasol, Furoxaxil, Oxadixil mas Ceimaxanilo y Propamocarb.

- ***Dothistroma septospora* (sinónimo *D. pini*)**

Enfermedad de la bandaraja que afecta especialmente a las acículas de los pinos en cultivos de viveros de dos años. Causa clorosis y necrosis, con una defoliación

parcial, reduciendo el crecimiento de las plantas. La enfermedad ataca a *P. nigra*, *P. mugo*, *P. ponderosa* y *P. radiata*.

La temperatura óptima para su desarrollo es de 20°C con humedad alta, así como el exceso de fertilización con nitrógeno y alta densidad de cultivo. Rebajar estos parámetros y tratamiento con cobre, es lo más efectivo para su control.

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA**

### **2.1. UBICACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO**

#### **2.1.1. Ubicación política**

El ámbito de estudio se encuentra en el Centro Poblado de Putacca, está ubicado al Suroeste de la ciudad de Ayacucho, en la sierra sur central del Perú, distrito de Vinchos, provincia de Huamanga, región Ayacucho.

#### **2.1.2. Ubicación geográfica**

Geográficamente el ámbito de estudio se ubica entre las coordenadas geográficas de 13°24'16" Latitud Sur y 74°21'01" Longitud Oeste, a una altitud de 3550 msnm.



**Figura 2.1.** Vista panorámica de la zona de estudio



## 2.2. ACCESIBILIDAD Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

El acceso al lugar de estudio en el Centro poblado de Putacca, es por la ruta Ayacucho - Totos (80 km. aproximadamente) por vía asfaltada y afirmada, inicialmente por la carretera de integración “Los Libertadores” Ayacucho - Ica - Lima, hasta Casacancha (42 km), luego derivando hacia la izquierda por borde el río Chicllarazo por carretera afirmada hasta Putacca (38 km), con tiempo promedio de viaje de 1.20 hora; con disponibilidad de movilidad permanente entre empresas de transporte, colectivos, autos y particulares.

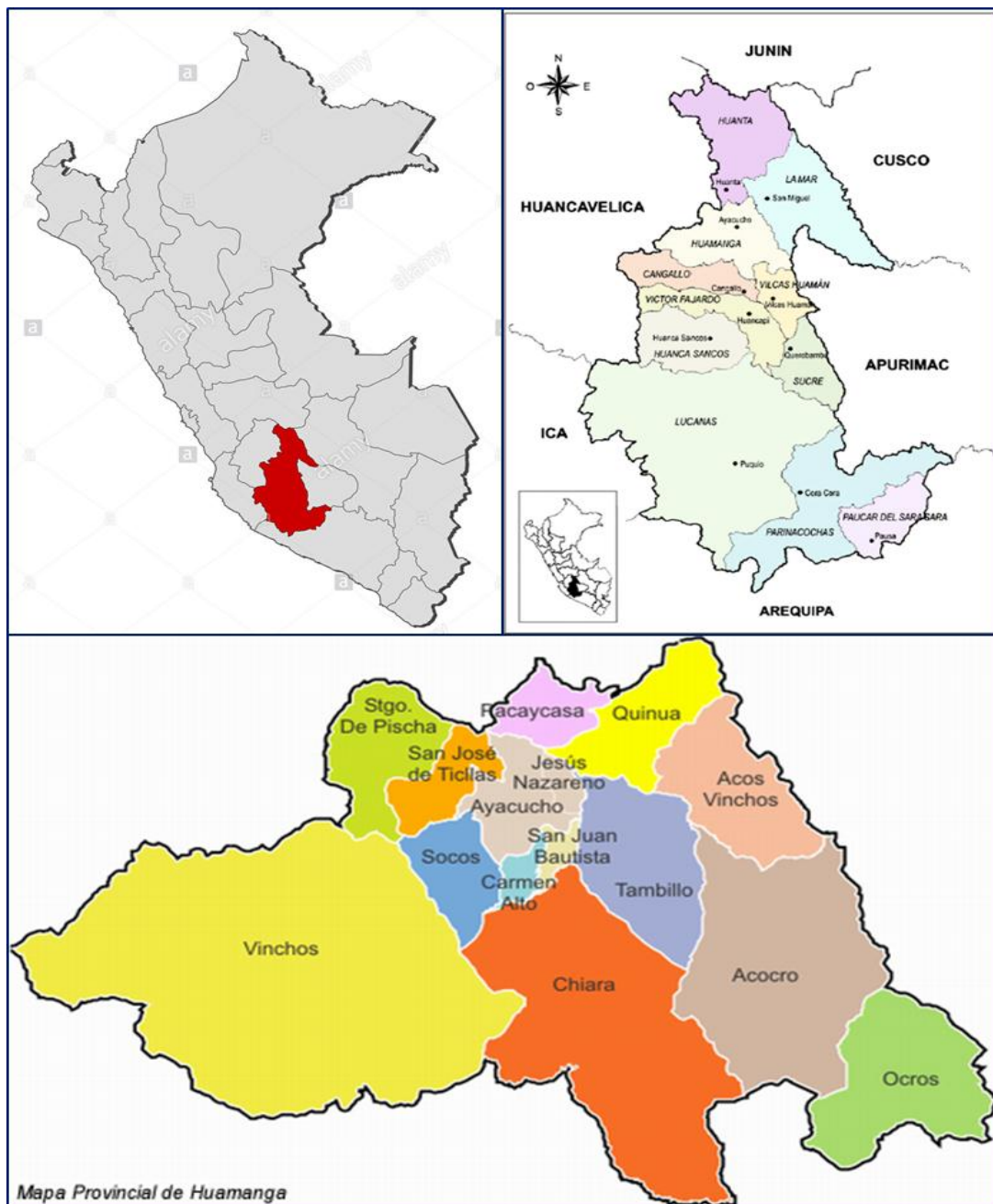


Figura 2.2. Mapa de ubicación del lugar de estudio

## 2.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

### 2.3.1. Precipitación

La precipitación pluvial media mensual en la localidad de Putacca con una altitud media de 3550 m.s.n.m. varía desde 11.20 mm en mes de Junio hasta 165.6.90 mm en Febrero, con una precipitación anual promedio de 874.6 mm/año.

**Tabla 2.1.** Serie histórica de 18 años de precipitación mensual, correspondiente a los años 1991 al 2008, de la Estación Meteorológica de Putacca, Vinchos, Ayacucho

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA - SENAMHI REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)														
Estación:	<b>PUTACCA</b>			Latitud:	: 13°23'37" S			Dpto:	Ayacucho					
Parámetro:	Precipitación (mm)			Longitud:	: 74°21'13" W			Prov:	Huamanga					
				Altitud:	: 3550 msnm			Dist:	Vinchos					
AÑO	MESES												TOTAL	
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC		
1991	137.4	161.3	158.2	46.9	38.7	6.5	6.6	0.0	19.0	48.4	57.4	39.9	720.3	
1992	67.4	131.3	51.1	17.2	0.0	11.8	23.2	64.6	10.3	100.0	40.0	78.2	595.1	
1993	202.9	144.2	177.0	44.1	49.4	3.4	39.7	19.3	37.1	112.0	156.2	197.3	1182.6	
1994	182.6	173.9	157.5	66.0	27.2	27.7	0.0	0.0	15.3	18.9	43.9	83.6	796.6	
1995	149.4	248.6	169.8	56.1	1.6	6.0	11.6	5.2	27.8	37.9	127.5	111.7	953.2	
1996	277.6	266.4	181.2	50.3	17.9	0.6	3.2	40.7	9.8	54.3	45.6	161.7	1109.3	
1997	176.6	215.0	98.8	71.0	25.1	0.0	1.7	50.8	29.9	34.8	89.6	242.9	1036.2	
1998	250.7	116.3	158.9	37.9	1.4	22.0	0.0	17.9	0.0	49.0	62.2	114.1	830.4	
1999	175.7	213.1	200.3	129.4	8.2	7.6	10.1	0.7	57.8	122.4	37.3	119.6	1082.2	
2000	163.8	308.1	175.8	25.3	55.6	62.7	23.2	13.9	13.7	84.1	41.7	158.9	1127.0	
2001	199.8	124.9	224.4	31.2	56.3	12.6	18.9	9.1	16.5	20.0	105.1	86.5	905.4	
2002	114.5	194.5	149.5	45.4	18.9	1.5	89.9	10.6	74.7	94.1	93.9	164.4	1051.9	
2003	157.6	109.6	113.5	56.9	12.4	0.1	1.9	22.3	23.2	10.6	49.5	164.4	722.0	
2004	36.0	130.0	119.5	20.4	10.0	18.1	10.7	16.0	57.3	47.4	35.3	138.2	638.9	
2005	143.0	71.5	107.7	26.0	20.8	0.0	15.8	28.8	49.9	38.5	29.5	123.8	655.3	
2006	143.8	138.9	117.3	70.6	3.2	7.4	0.0	35.2	13.3	67.5	122.9	88.9	809.0	
2007	118.1	89.4	157.3	44.4	15.4	2.2	17.1	2.7	20.1	49.7	27.7	134.0	678.1	
2008	160.4	144.7	143.2	48.5	21.4	11.2	16.1	19.9	28.0	58.2	68.6	129.9	850.1	
<b>MEDIA</b>	<b>158.7</b>	<b>165.6</b>	<b>147.8</b>	<b>49.3</b>	<b>21.3</b>	<b>11.2</b>	<b>16.1</b>	<b>19.9</b>	<b>28.0</b>	<b>58.2</b>	<b>68.6</b>	<b>129.9</b>	<b>874.6</b>	

### 2.3.2. Temperatura

En el área de estudio, en general, el clima varía desde templado a frío con temperaturas medias mensuales que varían de 8.2°C a 10.9°C, máximas de 22.5°C a 29°C y mínimas de -9°C a -1.2°C. La humedad relativa media varía de 68% a 78%, con velocidad del viento de 1.3 a 2.0 m/seg.

**Tabla 2.2.** Serie histórica de 20 años de la temperatura máxima, mínima, media, correspondiente a los años 1991 al 2010, de la Estación Meteorológica de Putacca, Vinchos, Ayacucho

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA - SENAMHI REGISTRO DE TEMPERATURA MÁXIMA, MEDIA Y MÍNIMA, HUMEDAD RELATIVA Y VIENTO													
Estación:	<b>PUTACCA</b>					Latitud:	: 13°23'37" S		Dpto:	Ayacucho			
Parámetro:	Temperatura, Humedad Relativa y Viento					Longitud:	: 74°21'13" W		Prov:	Huamanga			
						Altitud:	: 3550 msnm		Dist:	Vinchos			
TEMPERATURA	MESES												MEDIA
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	
Temperatura Máxima (°C)	25.0	23.0	23.2	22.5	23.5	27.0	22.5	23.5	25.0	26.0	26.5	29.0	<b>24.7</b>
Temperatura Media (°C)	10.6	10.6	10.5	9.9	9.1	8.4	8.2	8.8	9.7	10.6	10.9	10.6	<b>9.8</b>
Temperatura Mínima (°C)	-2.8	-4.0	-1.2	-5.6	-7.4	-7.6	-8.6	-9.0	-7.6	-6.8	-5.6	-6.2	<b>-6.0</b>
Humedad Relativa (%)	75.9	78.3	77.4	76.7	74.4	74.0	72.2	69.0	71.2	68.2	68.3	73.7	<b>73.3</b>
Velocidad de Viento (m/s)	1.9	1.8	1.5	1.3	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	1.9	1.8	2.0	<b>1.7</b>

## 2.4. CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA DEL LUGAR ESTUDIO

El rodal de pino (*Pinus radiata*), se ubica en el Centro Poblado de Putacca, distrito de Vinchos, región Ayacucho, corresponde a la zona de vida al Bosque Húmedo Montano Subtropical (bh-MS) (Holdridge, 1978), ubicadas entre las altitudes de entre los 3000 y 4000 msnm.

## 2.5. MATERIALES UTILIZADOS

### 2.5.1. Materiales de campo

En la fase del campo del presente trabajo de investigación, se han utilizados los siguientes materiales y equipos: forcípula, hipsómetro, vara de madera de 2.0 m, wincha de lona de 50 m, brújula, GPS de posición, estacas de madera de 50 cm, jalones metálicos milimetrados de 1.5 m, cordel, cámara fotográfica, libreta de campo, formato de recolección de datos, bolígrafos, cartulinas, cuchilla de mano, machete, mochila, placas plastificados, pintura acrílica, cordel, cintas de seguridad, rafia, pintura en espráis acrílico, martillo, etc. Mientras en el gabinete, se ha utilizado computadora, mesa e impresora, etc.

## 2.6. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

### 2.6.1. Parcela de muestreo

La determinación del tamaño mínimo de la parcela de muestreo o unidad muestral, se basó en el análisis de la curva área-especies resultante de los inventarios piloto realizados con tal fin en algunos ecosistemas del país. Destacan los bosques de la Amazonía Tropical o Selva Baja, bosques de la yunga o selva alta, bosques relictos andinos y bosques secos de la costa, y bosques y matorrales andinos. Se complementó

dicho análisis con datos de parcelas de muestreo levantadas en otros inventarios realizados en el país.

Con estos tamaños mínimos propuestos, se espera registrar por lo menos el 50% de la flora vascular existente en cada tipo de vegetación donde se realice el inventario. No obstante, el área ideal a inventariar se obtiene cuando la curva área-especie empiece a mantenerse estable (MINAM, 2015).

En la tabla 2.3. Se muestran los valores de tamaños mínimos de las unidades muestrales para la flora del estrato inferior del bosque o sotobosque, el cual está conformado por comunidades de arbustos, herbáceas, palmeras de porte arbustivo, helechos de porte arbustivo y la misma regeneración natural de especies arbóreas. Para el inventario de lianas, epífitas (bromeliáceas y orquidáceas), la unidad mínima de muestreo lo constituye un árbol (MINAM, 2015).

**Tabla 2.3.** Tamaño mínimo de la unidad muestral para determinadas formaciones vegetales

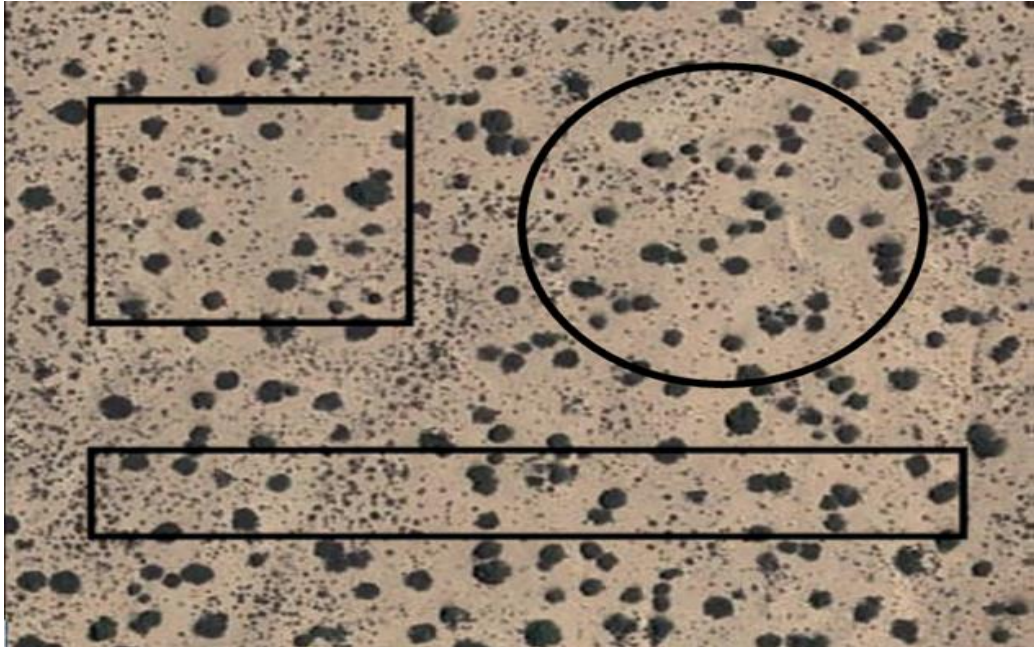
Unidades del mapa nacional de cobertura vegetal	Tamaño mínimo de la unidad muestral (ha)
Bosques de la Región Amazonía Tropical (selva baja)	0,50
Bosques con palmeras (selva baja y selva alta)	0,40
Palmerales (selva baja y selva alta)	0,25
Bosques de la yunga (selva alta): piedemonte, basimontano y montano	0,50
Bosques de la yunga (selva alta): altimontano	0,25
Bosques de la región andina: montano occidental andino, bosque de coníferas, xérico interandino.	0,25
Bosque de la región andina: relictos mesoandino y altoandino.	0,04
Bosques de la región costa	0,50
Pacal	0,025

**Tabla 2.4.** Tamaño mínimo de la subunidad muestral para el sotobosque

Coberturas boscosas	Elementos	Tamaño mínimo de la Subunidad muestral
Bosques: selva baja, selva alta costa y andina	Regeneración de leñosas y lianas: < de 10 cm DAP > 3 m altura	100 m <sup>2</sup>
	Regeneración de leñosas, arbustos y palmeras de porte arbustivo: 1-3 m de altura	100 m <sup>2</sup>
	Epífitas	1 árbol

### 2.6.2. Forma y distribución de unidades de muestreo

El uso de unidades de muestreo o parcelas de área fija son las más utilizadas en los inventarios de la flora y vegetación. Ellas pueden estar representadas por figuras geométricas distintas, tales como círculos, cuadrados o rectángulos.



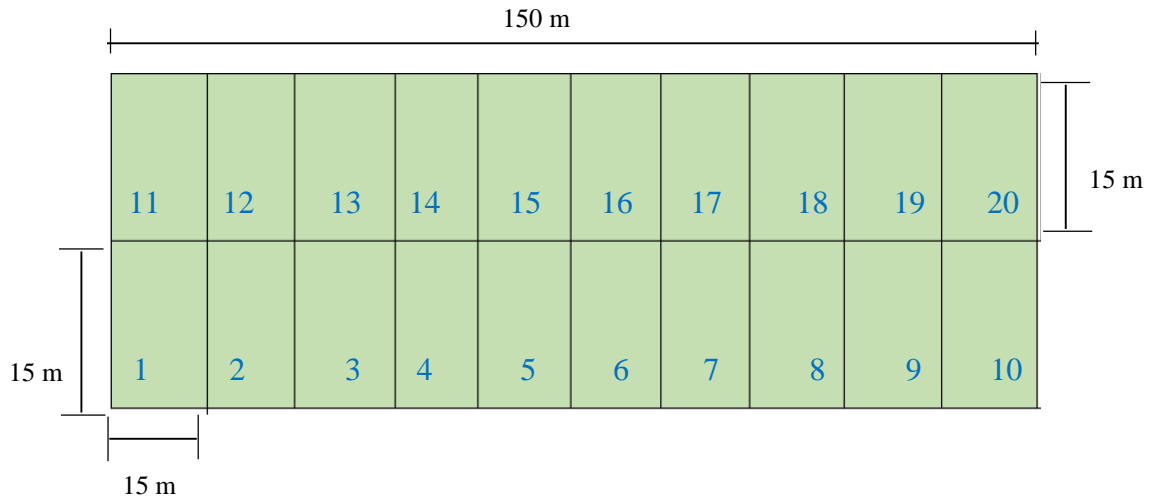
**Figura 2.3.** Formas cuadrada y rectangular de parcelas de muestreo de la vegetación

### 2.6.3. Establecimiento de la parcela de evaluación

Para el estudio de caso, previamente ubicada el área de trabajo, se ha establecido una parcela de evaluación, determinado el primer vértice de la parcela, y a continuación con la ayuda de brújula, GPS de posición, wincha, cordel, estaca, se ha establecido los tres vértices siguientes, delimitando la parcela de evaluación, consistente en un rectángulo de 0.45 hectáreas de superficie de terreno de 30 m x 150 m. Las cuatro esquinas de la parcela, se delimitaron con estacas de madera pintadas con esmalte sintético.

Una vez definitivo la parcela de evaluación, al interior de ella, se ha establecido 20 subparcelas de 15 m x 15 m, con un área de 225 m<sup>2</sup> (figura 2.4); de manera similar las esquinas de cada subparcela se marcaron con estacas de madera pintadas con esmalte sintético color amarillo fluorescente.

Cada uno de los de árboles, arbustos y cactáceas encontrados al interior de la parcela, fueron codificados, utilizando esmalte sintético.



**Figura 2.4.** Croquis de la unidad experimental de la investigación

Para la recolección de los datos de campo, se ha diseñado un formulario específico que permita registrar los especímenes y los valores dasométricos y otras variables correspondientes al estudio; información que ha permitido su posterior procesamiento y análisis correspondiente.

#### **2.6.4. Recolección y procesamiento de información**

La recolección de los datos de todas las especies de los árboles plantados, arbustivos y cactáceos de regeneración natural, encontradas en cada subparcela del área de estudio, se han desarrollado empleando los procedimientos estándares para este tipo de trabajo de investigación (Ríos 1982; Bridson y Forman, 1999 citado en Antón y Reynel, 2004).

Las informaciones dasométricos, se ha obtenido usando los instrumentos correspondientes, tales como la forcípula, el hipsómetro, la vara de madera de 2.0 m, el formulario específico, recorriendo las 20 subparcelas, habiéndose registrado los datos de un total de 312 individuos al interior de toda la parcela de evaluación.

Para la clasificación botánica, se han recolectado muestras de las 6 especímenes arbóreas y cetáceas registradas, material importante que se utilizó para la clasificación taxonómica. Adicionalmente se registraron, observaciones morfológicas de valor, que ayude a la identificación, tales como el tipo y coloración de la corteza, la presencia de secreciones, los colores de las estructuras vegetativas y reproductivas.

Los especímenes recolectados en el campo, fueron prensados y preservados siguiendo

las técnicas usuales de preparación de material vegetal (Bridson y Forman, 1999 citado en Antón y Reynel, 2004). Todos los ejemplares herborizados fueron trasladados al laboratorio de Agroforestería y Ambiente de la Escuela Profesional de Agronomía, para la identificación correspondiente.

La identificación taxonómica, se realizó mediante la descripción dendrológica (olor, color de corteza, forma del fuste, tipo de hojas, forma de ramificación, así como de las estructuras reproductivas, entre otros) de los 6 especímenes encontradas en el área de estudio, así como el uso del nombre común, que facilite la identificación y clasificación botánica.

A partir de la recolección y análisis de los datos de la estructura horizontal, se obtuvieron los parámetros ecológicos de abundancia, frecuencia, y dominancia de las diversas especies, para luego obtener el índice de valor de importancia (IVI) para cada una de las especies, así mismo se determinó curva especie-área y el cociente de mezcla para el rodal de pino *Pinus radiata*, objeto de estudio. De la misma forma, con los datos obtenidos, se calculó los valores de la estructura vertical y dasométricos.

En conclusión, a nivel del campo, laboratorio y gabinete, se efectuaron las siguientes evaluaciones:

- (1) **Identidad taxonómica.** La identificación taxonómica, se efectuaron en base a las muestras recolectadas en el herbario de la parcela en estudio. Las mismas fueron clasificadas de acuerdo a las variables en evaluación.
- (2) **Altura total.** Se obtuvo determinando la longitud de la altura, desde la base del fuste hasta el ápice de la copa del árbol. Para lo cual se ha utilizado el hipsómetro y la vara de madera de 2.0 m.
- (3) **Diámetro a la altura del pecho (DAP)**  
Se midió el diámetro del tronco a la altura del pecho sólo de los árboles plantados (a una altura de 1.3 m, medida desde la base del árbol). Esta variable se midió utilizando forcípula.

## **2.7. PARÁMETROS ESTUDIADOS**

### **2.7.1. Composición florística**

La composición florística del rodal, se efectuó mediante la descripción dendrológica de las muestras de los especímenes recolectadas del área de estudio, clasificándolos por familias, géneros y por especies taxonómicas, no se ha encontrado especies endémicas y raras. Actividades que se desarrollaron a nivel del campo, así como en los Laboratorios de Botánica la Escuela Profesional de Biología, y Agroforestería y Ambiente de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

### **2.7.2. Estructura horizontal**

La estructura horizontal del rodal se determinó mediante la evaluación de los principales indicadores como: abundancia, frecuencia, dominancia, índice de valor de importancia, curva especies-área y coeficiente de mezcla (CM).

#### **a. Abundancia**

Hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema) (Lamprecht, 1990 citado por Alvis, 2009).

**Abundancia absoluta (Aba):** Número de individuos por especie con respecto al número total de individuos encontrados en el área de estudio ( $n_i$ ).

**Abundancia relativa (Ab%):**

$$Ab\% = (n_i / N) \times 100 \dots \dots \dots \text{Ec. (1)}$$

Dónde:

$n_i$  = Número de individuos de la  $i$ ésima especie

$N$  = Número de individuos totales en la muestra

#### **b. Frecuencia**

Permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación al total de parcelas inventariadas, o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La abundancia absoluta se expresa como un



porcentaje (100% = existencia de la especie en todas las parcelas), la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies (Melo 2000, citado en Alvis, 2009).

**Frecuencia absoluta (Fra):** Porcentaje de parcelas en las que aparece una especie, 100% = existencia de la especie en todas las parcelas.

**Frecuencia absoluta (FrA):**

$$\text{FrA} = (\text{Fi} / \text{Ft}) \times 100 \dots \text{Ec. (2)}$$

**Frecuencia relativa (Fr%):**

$$\text{Fr\%} = (\text{FrAni} / \text{FrAt}) \times 100 \dots \text{Ec. (3)}$$

Dónde:

Fi = Frecuencia absoluta de la iésima especie

Ft = Total de las frecuencias en el muestreo

### c. Dominancia

Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo. Debido a que la estructura vertical de los bosques naturales tropicales es bastante compleja, la determinación de las proyecciones de las copas de los árboles resulta difícil y a veces imposible de realizar; por esta razón se utiliza las áreas basales, debido a que existe una correlación lineal alta entre el diámetro de la copa y el fuste (Lamprecht, 1990 citado en Alvis, 2009).

Bajo este esquema la dominancia absoluta es la sumatoria de las áreas basales de los individuos de una especie sobre el área especificada y expresada en metros cuadrados y la dominancia relativa es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia absoluta de una especie cualquiera y el total de las dominancias absolutas de las especies consideradas en el área inventariada.

**Dominancia absoluta (*Da*):**

$$Da = Gi/Gt \dots\dots\dots \text{Ec. (4)}$$

Dónde:

**Gi** = Área basal en m<sup>2</sup> para la iésima especie

**Gt** = Área basal en m<sup>2</sup> de todas las especies

**Dominancia relativa (*D%*):**

$$D\% = (DaS / DaT) \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec. (5)}$$

Dónde:

**DaS** = Dominancia absoluta de una especie

**DaT** = Dominancia absoluta de todas las especies

**d. Índice de valor de importancia (IVI)**

Formulado por Curtis & Mc Intosh (1951 citado en Alvis 2009), es posiblemente el más conocido, se calcula para cada especie a partir de la suma de la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa. Permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro del bosque. El valor del IVI similar para diferentes especies registradas en el inventario sugiere una igualdad o semejanza del bosque en su composición, estructura, calidad de sitio y dinámica.

Muestra la importancia ecológica relativa de cada especie en el área muestreada. Se interpreta a las especies que están mejor adaptadas, ya sea por su dominancia y muy abundantes o por estar mejor distribuidas. El máximo valor del IVI es de 300. Se calcula de la siguiente manera:

$$IVI: Ar + Dr + Fr \dots\dots\dots \text{Ec. (6)}$$

**Dónde:**

Ar. = abundancia relativa de la especie i

Dr. = Dominancia relativa de la especie i

Fr. = Frecuencia relativa de la especie i

Asimismo cómo, la riqueza y diversidad florística es una de las características sobresalientes de los bosques tropicales, también es importante determinar curva especie-área y coeficiente mezcla.

### e. Curva especie-área

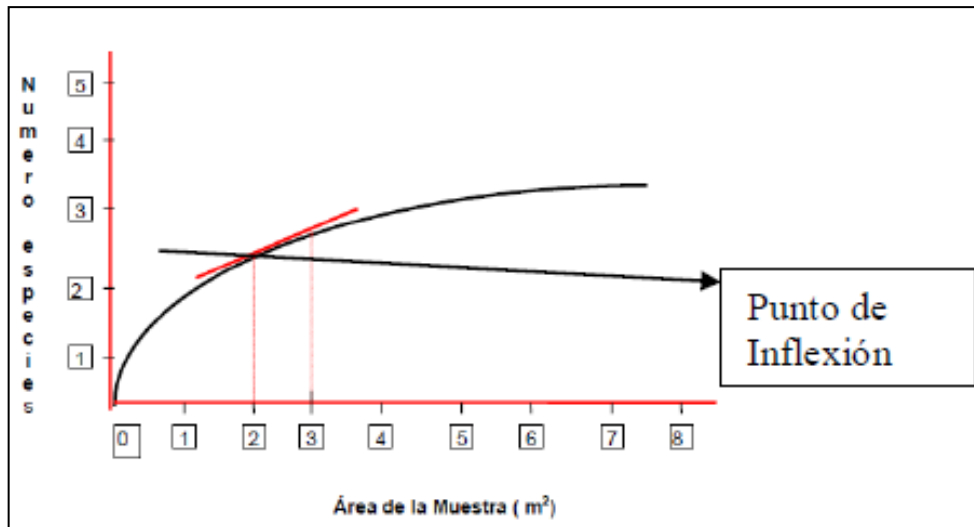
Se denomina riqueza al número total de especies de cualquier tamaño y forma de vida en un área dada. La riqueza florística se evalúa de la curva área-especie, la cual proporciona información sobre el incremento de especies en superficies crecientes, a partir de un diámetro mínimo considerado.

Curva especie-área, es un concepto central dentro del muestreo de diversidad alfa, ya que primero nos ayudara a “determinar el tamaño de la muestra”, además nos indica una vista general de la situación actual de la parcela a muestrear o evaluar, nos brinda la predominancia de especies, siendo una herramienta primordial en la evaluación, monitoreo, muestreo e investigación científica de la diversidad alfa.

La curva especie-área es un concepto central dentro del muestreo de Diversidad alfa, ya que primero nos ayudara a “determinar el tamaño de la muestra”, además nos indica una vista general de la situación actual de la parcela a muestrear o evaluar, nos brinda la predominancia de especies, siendo una herramienta primordial en la evaluación, monitoreos, muestreos e investigación científica de la diversidad alfa.

Estadísticamente la curva Especies-área es una técnica para determinar el área mínima de muestreo en una comunidad vegetal. La forma de construir un gráfico de una curva especie-área, consiste primero en establecer una pequeña parcela, que varía según el tipo de vegetación que nos interese.

- ✓ En una primera parcela se hace una lista de todas las especies allí presentes; por ejemplo para vegetación arbustiva y arbórea, las parcelitas pueden ser de 5 m<sup>2</sup> ó 10 m<sup>2</sup>.
- ✓ Luego la muestra se incrementa al doble del tamaño inicial, luego 4 veces, 8 veces, etc. Para cada área agrandada se anotaran las especies adicionales que se encuentran
- ✓ Con estos datos de N° de especies vs. área, se grafica en un eje de coordenadas como se muestra en la figura siguiente y es la curva especies área. Cuando la curva se horizontaliza, éste va a ser el tamaño óptimo de la muestra.



**Figura 2.5.** Curva especie-área o de acumulación de especies

La Curva especie-área o curva de acumulación de especies, construimos sobre un sistema de dos ejes, una curva que representa el aumento del número de especies encontrado conforme el área de muestra se expande. La inflexión (asíntota) de esta curva nos representa el momento a partir del cual añadir más área a la parcela no contribuye en añadir una cantidad significativa de especies adicionales. El comportamiento de la curva especie-área es importante para aclarar si el tamaño de la muestra es apropiado.

#### **f Coeficiente de Mezcla (CM)**

La diversidad florística se refiere a la distribución de los individuos entre el total de especies presentes y es un indicador de intensidad de mezcla del rodal.

La diversidad florística se evalúa a través del cociente de mezcla que es el resultado de la división del total de árboles encontrados entre el número de especies encontradas a partir de un diámetro mínimo considerado y en una superficie dada. Coeficiente de mezcla, es el indicador de la homogeneidad o heterogeneidad del bosque, relacionando el número de especies y el número de individuos totales ( $S: N$  ó  $S / N$ ).

El Cociente de Mezcla permite tener una idea general de la intensidad de mezcla, es decir, de la forma como se distribuyen los individuos de las diferentes especies dentro del rodal. Los valores del cociente de mezcla dependen fuertemente del

diámetro mínimo de medición y del tamaño de la muestra, por lo cual, sólo se debe comparar ecosistemas con muestreos de igual intensidad.  $CM = S/N = (S/S)/(N/S)$ .

$$C.M. = \frac{S}{N} \left( \frac{\frac{S}{S}}{\frac{N}{S}} \right) \dots\dots\dots Ec. (7)$$

Dónde:

S = Número total de especies en el muestreo

N = Número total de individuos en el muestreo

### 2.7.3. Estructura vertical

La estructura vertical del bosque se evaluó a través de la determinación de los estratos arbóreos del bosque, es decir de la distribución de biomasa en el plano vertical.

- a. Maduros:  $\geq 40$  cm de DAP
- b. Adolescentes: 20 a 39.9 cm de DAP
- c. Fustal: 10 a 19.9 cm de DAP
- d. Latizal:  $\geq 1.5$  mh o 5 a 9.9 cm de DAP
- e. Brinzal: 0.3 mh a 1.5mh  $0 < 4.9$  cm de DAP
- f. Plántula:  $< 0.3$  mh

### 2.7.4. Parámetro dasométrico

Los parámetros dasométricos, consistente en la medición, cálculo y estimación de las dimensiones de los árboles y rodal, se efectuaron mediante la evaluación de los siguientes parámetros en estudio:

#### a. Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)

Consiste en medir los diámetros a 1.30 m sobre el nivel del suelo, utilizando forcípula en centímetros de todos los árboles plantados, registrar y traducir en información sobre promedios y variancias de diámetro, así como la distribución de los diámetros por clases en intervalos de 10 centímetros.

#### b. Área basal (m<sup>2</sup>)

Este parámetro, de suma importancia para los cálculos de cubicación y otros relacionados con los contenidos maderables del rodal, es la superficie de la sección

transversal de un tallo o tronco de un individuo a determinada altura del suelo y se expresa en metros cuadrados por unidad de superficie del terreno. La medición se hace a la altura del pecho de todo lo árboles plantados. El área basal puede hallarse tanto a partir del diámetro del árbol como a partir de su circunferencia.  $AB = 0.7854 (DAPm)^2$

**c. Altura total (m)**

La altura total de los árboles plantados se mide en metros, utilizando el clinómetro u otro método desde la base hasta el ápice del árbol. Las alturas totales en metros de todos los individuos se registran y se traducen en información sobre los promedios y las variancias de altura, así como la distribución de ellas por clases en intervalos de 5 metros.

**d. Volumen total (m<sup>3</sup>)**

El volumen de los árboles en pie, se calculó utilizando la siguiente fórmula matemática:

$V = AB * H * F$ ; Donde:

$V =$  Volumen del árbol en m<sup>3</sup>

$AB =$  Área basal en m<sup>2</sup>

$H =$  Altura o longitud del árbol en m

$F =$  Factor o coeficiente de forma: 0.65 (INRENA, 2000), factor promedio.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La interpretación y su respectiva discusión de los resultados, se desarrollaron de acuerdo a la información obtenida de los factores en estudio.

Para obtener la información del presente estudio, se contó con 20 subparcelas de 15 x 15 m (225 m<sup>2</sup>), haciendo un total de 4,500 m<sup>2</sup>, área que alberga individuos de 6 especies de interés forestal y las siguientes variables de cada individuo: Los indicadores de la composición florística, están representadas por: composición por familias taxonómicas, por géneros taxonómicos, por especies taxonómicas, y especies endémicas y raras. Mientras los indicadores de la estructura horizontal se presentan en los resultados de: abundancia (**Aba**), frecuencia (**Fra**), dominancia (**Da**), índice de valor de importancia (**IVI**), curva especie – área y coeficiente de mezcla (**CM**). Para la estructura vertical fue el estrato arbóreo (plántula, brinzal, fustal, latizal, adolescente, maduro). Los indicadores de parámetros dasométricos son: diámetro a la altura del pecho (**DAP**) – cm, área basal (**ABA**) – m<sup>2</sup>, altura total (**ATO**) – m, y volumen total (**VTO**) – m<sup>3</sup>. A continuación se exponen los resultados específicos.

#### **3.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA**

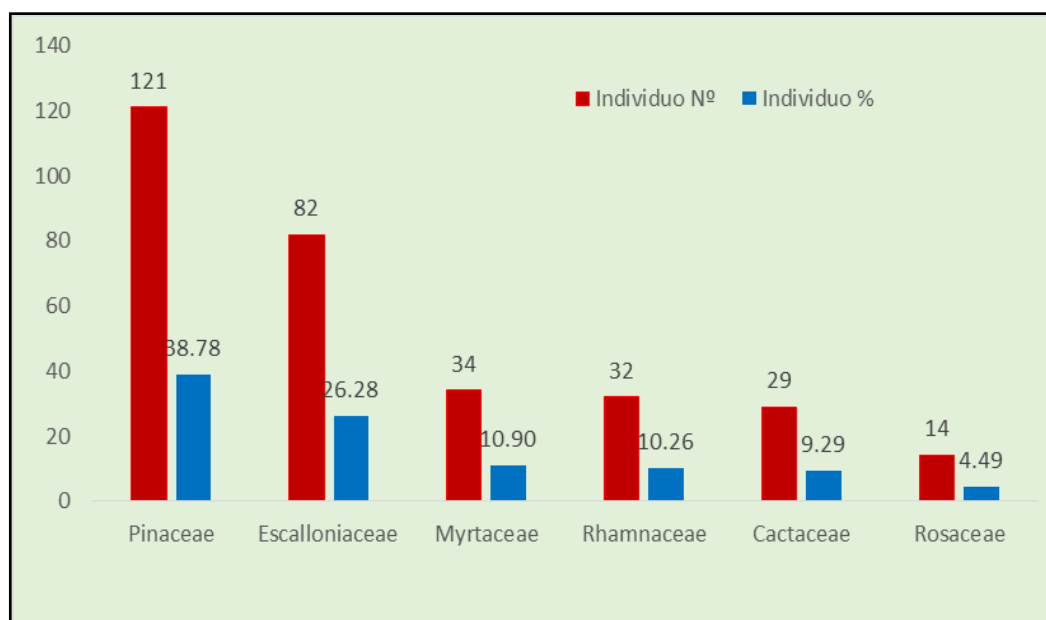
Los resultados de la composición florística del rodal de pino (*Pinus radiata*), del Centro Poblado de Putacca, del distrito de Vinchos, región Ayacucho, se muestra en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1.** Composición florística del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

N°	Familia	Género	Especie	Nombre común	Individuo	
					N°	%
1	Pinaceae	Pinus	<i>Pinus radiata</i>	Pino	121	38.78
2	Escalloniaceae	Escallonia	<i>Escallonia resinosa</i>	Chachacomo	82	26.28
3	Myrtaceae	Eucalyptus	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	34	10.90
4	Rhamnaceae	Colletia	<i>Colletia spinosissima</i>	Taqšana	32	10.26
5	Cactaceae	Austrocylindropuntia	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	Cactus	29	9.29
6	Rosaceae	Polylepis	<i>Polylepis incana</i>	Qenhua	14	4.49
TOTAL					312	100.00

### 3.1.1. Composición por familias taxonómicas

En el rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca, tabla y figura 3.1, a excepción de los árboles plantados, correspondientes a las (2) dos familias, Pinaceae y Myrtaceae, respectivamente; se han identificado (3) tres familias arbustivas de regeneración natural, Escalloniaceae, Rhamnaceae y Rosaceae, y (1) una Cactácea.



**Figura 3.1.** Composición florística por familias del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

De las (2) dos familias establecidas mediante plantación (regeneración artificial), el Pinaceae tiene mayor número de individuos/0.45ha, con 121 individuos, seguido por

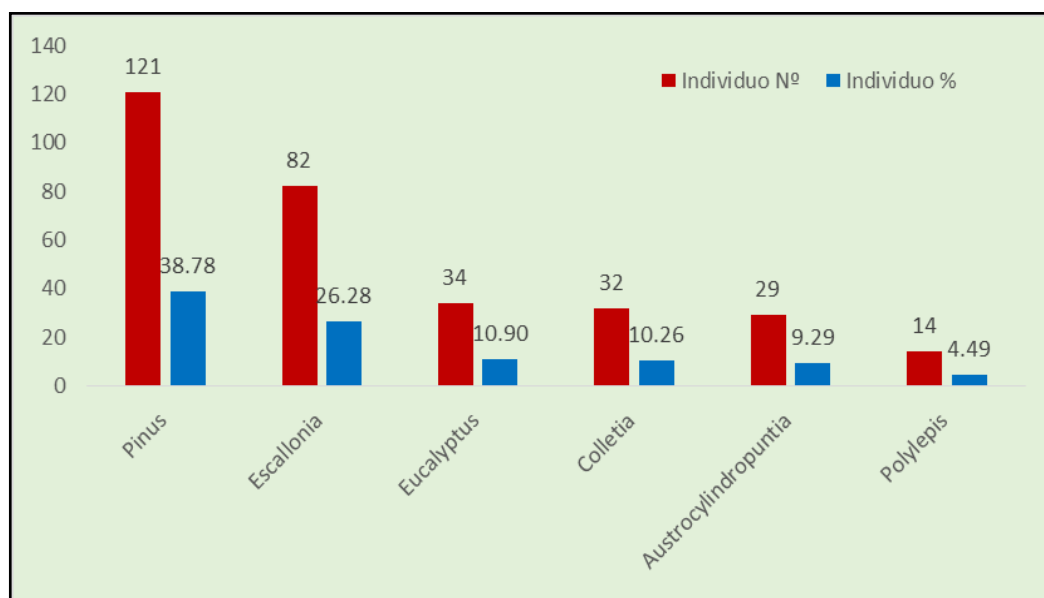


Myrtaceae con 34 individuos. Asimismo de las (3) tres familias arbustivas de regeneración natural, con mayor número de individuos/0.45ha, en orden descendente es: Escalloniaceae con 82 individuos, Rhamnaceae con 32 individuos y Rosaceae con 14 individuos; mientras la familia Cactáceae tiene 29 individuos. Todas las familias taxonómicas, poseen (1) un género y (1) una especie.

### 3.1.2. Composición por géneros taxonómicos

En el rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca, tabla 3.1 y figura 3.2, excepto los árboles establecidas mediante plantación, correspondientes a los (2) dos géneros, *Pinus* y *Eucalyptus*, respectivamente; se han identificado (3) tres géneros arbustivas de regeneración natural, *Escallonia*, *Colletia* y *Polylepis*, y (1) una de cactus, *Austrocylindropuntia*.

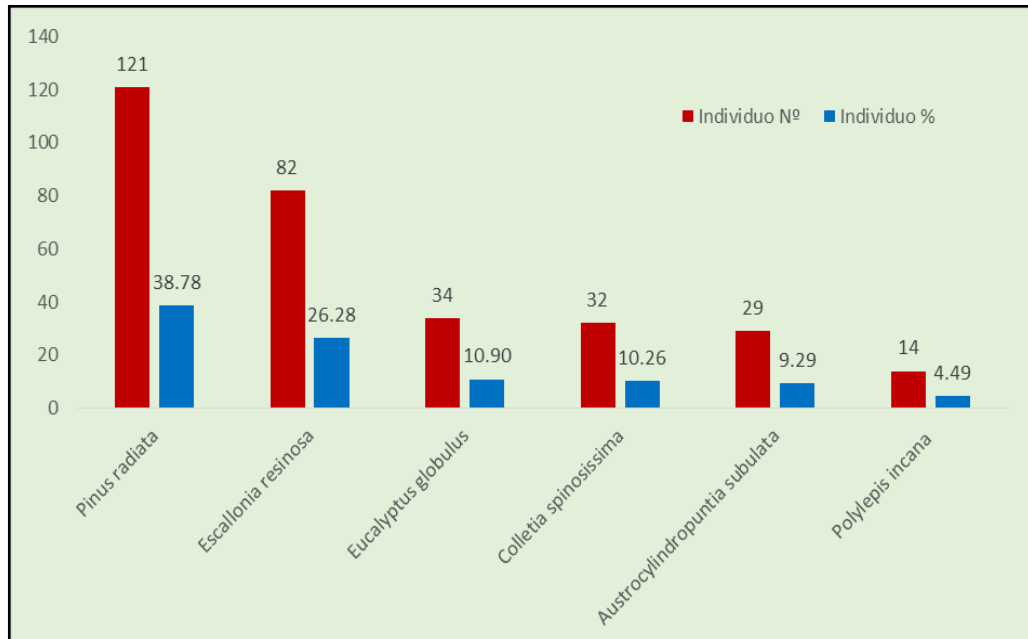
Del mismo modo, de los (2) dos géneros de regeneración por plantación, el *Pinus* tiene mayor número de individuos por 0.45 ha con 121 individuos, seguido por *Eucalyptus* con 34 individuos. Del mismo modo, de los (3) tres géneros arbustivos de regeneración natural con mayor número de individuos por 0.45 ha, en orden descendente es: *Escallonia* con 2 individuos, *Colletia* con 32 individuos y *Polylepis* con 14 individuos; asimismo el género *Austrocylindropuntia* tiene 29 individuos. Cada género taxonómico, tiene una sola especie.



**Figura 3.2.** Composición florística por géneros del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

### 3.1.3. Composición florística por especies taxonómicas

En el rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca, tabla 3.1 y figura 3.3; sin tomar en cuenta las (2) dos especies plantadas, *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, respectivamente; se han identificado (3) tres especies arbustivas de regeneración natural, *Escallonia resinosa*, *Colletia spinosissima* y *Polylepis racemosa*, y (1) una de cactus, *Austrocylindropuntia subulata*.



**Figura 3.3.** Composición florística por especies del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

Como en el caso para la clasificación por familias y géneros taxonómicos, para el caso de las especies establecidas mediante reforestación; el *Pinus radiata*, tiene mayor número de individuos/0.45ha con 121 individuos, seguido por *Eucalyptus globulus* con 34 individuos. Del mismo modo, para las especies arbustivas de regeneración natural; el número de individuos/0.45ha en orden descendente es: *Escallonia resinosa* con 82 individuos, *Colletia spinosissima* con 32 individuos y *Polylepis racemosa* con 14 individuos; igualmente la especie *Austrocylindropuntia subulata* tiene 29 individuos.

Considerando que el objetivo principal de la reforestación, es aprovechar los beneficios que ofrece el pino (*Pinus radiata*) de la familia Pinaceae, así como de la incorporación complementaria del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) de la familia Myrtaceae. Bajo las condiciones de este ecosistema natural de plantaciones de pino complementado con

eucalipto; por regeneración natural, se han establecido tres especies arbustivas y una de cactácea, todas propias de la zona.

Los resultados demuestran que en esta zona de vida, en los rodales de pino, predominan principalmente las comunidades vegetales de *Escallonia resinosa* de la familia Escalloniaceae, quien tiene la mayor capacidad de establecimiento y regeneración, seguido en orden descendente por *Colletia spinosissima* de la familia Rhamnaceae, *Austrocylindropuntia subulata* de la familia Cactáceae y *Polylepis racemosa* de la familia Rosaceae.

La dinámica de la generación natural de los bosques, se atribuyen a los factores ambientales y bióticos, entre ellos, los bióticos son los que más afectan positiva o negativamente en el establecimiento y crecimiento de la regeneración del bosque, siendo lo más relevantes la competencia por agua, luz, etc., entre diferentes especies o entre las mismas especies que forman el bosque (Beek y Sáenz, 1992). Siendo así, en el rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca, al margen de los factores ambientales, los factores bióticos, principalmente la plantación del pino influye positivamente en el establecimiento y crecimiento de la regeneración de otras especies arbustivas de la zona.

### **3.2. ESTRUCTURA HORIZONTAL Y VERTICAL**

Los resultados de la estructura horizontal y vertical del rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca, son:

#### **3.2.1. Estructura horizontal**

##### **a. Abundancia**

Según la tabla 3.2 se puede deducir, que de los 312 individuos por parcela de 0.45 hectárea del rodal de pino (*Pinus radiata*), correspondiente al 100%; el 49.68% de la abundancia, está constituida por las dos especies plantadas *Pinus radiata* (38.78%) y *Eucalyptus globulus* (10.90%), quienes constituyen la mitad de abundancia del rodal. La otra mitad de abundancia, está representada por las especies arbustivas de regeneración natural (41.03%), conformado por las tres especies *Escallonia resinosa* (26.28%), *Colletia spinosissima* (10.26%) y *Polylepis incana* (4.49%), y por la especie cactácea (9.30%), constituida por *Austrocylindropuntia subulata*.

**Tabla 3.2.** Abundancia absoluta y relativa de especies del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

Nº	Especie	Abundancia absoluta	Abundancia relativa %	Abundancia relativa acumulada
1	<i>Pinus radiata</i>	121	38.78	38.78
2	<i>Escallonia resinosa</i>	82	26.28	65.06
3	<i>Eucalyptus globulus</i>	34	10.90	75.96
4	<i>Colletia spinosissima</i>	32	10.26	86.22
5	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	29	9.30	95.51
6	<i>Polylepis incana</i>	14	4.49	100
TOTAL		312	100.01	

Considerando la abundancia relativa acumulada, las especies *Pinus radiata* y *Escallonia resinosa*, representan el 65.6% de abundancia del rodal, continuando en forma acumulativa el 86.22% de la abundancia está representada por los (4) cuatro especies, es decir las dos señaladas y dos especies más, que son *Eucalyptus globulus* y *Colletia spinosissima*, mientras que 13.78% restante de la abundancia está representada por las dos especies restantes, *Austrocylindropuntia subulata* y *Polylepis incana*.

Los resultados demuestran que en esta zona de vida, en el rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca, se encuentra 312 individuos/0.45 ha, representado por las plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, así como las especies de regeneración natural *Escallonia resinosa*, *Colletia spinosissima*, *Austrocylindropuntia subulata* y *Polylepis racemosa*.

Gálvez (2016), en el trabajo de investigación, en un área del bosque secundario de Lagunilla, a una altitud de 2,465 msnm, reporta la existencia de 433 individuos por hectárea, constituidas por las especies *Prosopis pallida*, *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, *Opuntia ficus*, *Echinopsis peruviana* (Britton & Rose) Friedrich & Rowley, *Agave americana*, *Schinus molle* L, *Aloe vera* y *Acacia macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd.

Gálvez, (2017), en el trabajo de investigación en el bosque natural de Pongora, a una altitud de 2550 msnm, ha encontrado 544 individuos por 0.25 hectáreas del bosque natural de Pongora; constituida por las especies *Opuntia ficus*, *Acacia macracantha*

Humb. & Bonpl. ex Willd, *Echinopsis peruviana* (Britton & Rose) Friedrich & Rowley, *Prosopis pallida* y *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze.

Teniendo en cuenta los resultados de los trabajos de investigación antes señalados, se establece que la abundancia del rodal en estudio, con 312 individuos/0.45 ha, se encuentra por encima de los valores encontrados para el primer caso y por debajo del segundo caso.

### b. Frecuencia

La frecuencia constituye la regularidad de la presencia de una especie en el rodal o bosque, de esta manera, según la tabla 3.3, el 52.54% de veces están presente las dos especies plantadas *Pinus radiata* (30.51%) y *Eucalyptus globulus* (22.03%), los que representan más de la mitad del rodal; continuando en forma acumulativa el 83.05% de la presencia está constituida por cuatro especies, es decir las dos primeras señaladas, más dos especies *Escallonia resinosa* (20.34%), *Polylepis incana* (10.17%); mientras el restante de 16.95% de la presencia, está representada por las dos especies remanentes *Colletia spinosissima* y *Austrocylindropuntia subulata*, cada una con (8.47%).

**Tabla 3.3.** Frecuencia absoluta y relativa de especies del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

Nº	Especie	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa %	Frecuencia relativa acumulada
1	<i>Pinus radiata</i>	90.00	30.51	30.51
2	<i>Eucalyptus globulus</i>	65.00	22.03	52.54
3	<i>Escallonia resinosa</i>	60.00	20.34	72.88
4	<i>Polylepis incana</i>	30.00	10.17	83.05
5	<i>Colletia spinosissima</i>	25.00	8.47	91.35
6	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	25.00	8.47	100

Dicho de otro modo, en relación con la frecuencia, las especies *Pinus radiata* se encuentra en 18 subparcelas de un total de 20 unidades de muestreo, *Eucalyptus globulus* en 13, *Escallonia resinosa* en 12, *Polylepis incana* en 6. Finalmente *Colletia spinosissima* y *Austrocylindropuntia subulata* en 5 subparcelas.

Considerando que la frecuencia, se entiende como la posibilidad de encontrar un árbol de una determinada especie, al menos una vez, en una unidad de muestreo Melo y (Vargas 2003, citado en Zamora, 2010), para la zona de vida Bosque Húmedo Montano Subtropical (bh-MS), a una altitud de 3,589 msnm, correspondiente al lugar de estudio del presente trabajo de investigación, se ha encontrado que el *Pinus radiata* se encuentra en el mayor número de subparcelas (18 subparcelas). Mientras, entre las especies arbustivas de regeneración natural, *Escallonia resinosa*, se encuentra en el mayor número de subparcelas (12 subparcelas). Lo que significa que estas dos especies, se encuentra al menos una vez, en la mayoría de las unidades de muestreo, llamadas subparcelas.

### c. Dominancia

La dominancia constituye la cobertura del área basal de una especie arbórea respecto a la superficie de terreno del área muestreada, según la tabla 3.4, las dos especies plantadas *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* representan el 100% de dominancia, en la proporción de 55.31% y 44.69%, respectivamente. El resto de las cuatro especies de regeneración natural *Escallonia resinosa*, *Colletia spinosissima*, *Polylepis incana* y *Austrocylindropuntia subulata*, no tienen representación para este carácter, por cuanto se debe a la condición arbustivas y cactácea; es decir, estas especies, en comparación con los árboles, no son significantes en la constitución de la cobertura del área basal.

**Tabla 3.4.** Dominancia absoluta y relativa de especies del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

Nº	Especie	Dominancia absoluta	Dominancia relativa %	Frecuencia relativa acumulada
1	<i>Pinus radiata</i>	0.55	55.31	55.31
2	<i>Eucalyptus globulus</i>	0.45	44.69	100
3	<i>Escallonia resinosa</i>	0.00	0.00	100
4	<i>Colletia spinosissima</i>	0.00	0.00	100
5	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	0.00	0.00	100
6	<i>Polylepis incana</i>	0.00	0.00	100

Considerando que la dominancia, se entiende como el grado de cobertura de las especies, es la proporción del terreno o área basal ocupada por el fuste de un árbol de

una especie en relación con el área total (Melo y Vargas, 2003 citado en Zamora, 2010), para la zona de vida Bosque Húmedo Montano Subtropical (bh-MS), a una altitud de 3,589 msnm, correspondiente al lugar de estudio del presente trabajo de investigación, se ha encontrado que el *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* representan el 100% de dominancia, por cuanto dichas especies, principalmente por su condición de árbol, tienen área basal significativa, en comparación con las especies arbustivas.

#### d. Índice de valor de importancia

Como se ha destacado en la metodología, el índice de valor de importancia es la suma de la abundancia, frecuencia y dominancia, por lo que el acumulado de este indicador alcanza el valor máximo de 300 (tabla 3.5). De acuerdo al índice de valor de importancia las tres primeras especies acumulan 248.84 puntos de valor, representadas por las especies *Pinus radiata* (124.60), *Eucalyptus globulus* (77.62) y *Escallonia resinosa* (46.62); mientras las otras tres restantes *Colletia spinosissima*, *Austrocylindropuntia subulata* y *Polylepis incana*, constituyen el 51.16 puntos del índice de valor de importancia del rodal.

**Tabla 3.5.** Índice de valor de importancia de especies del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

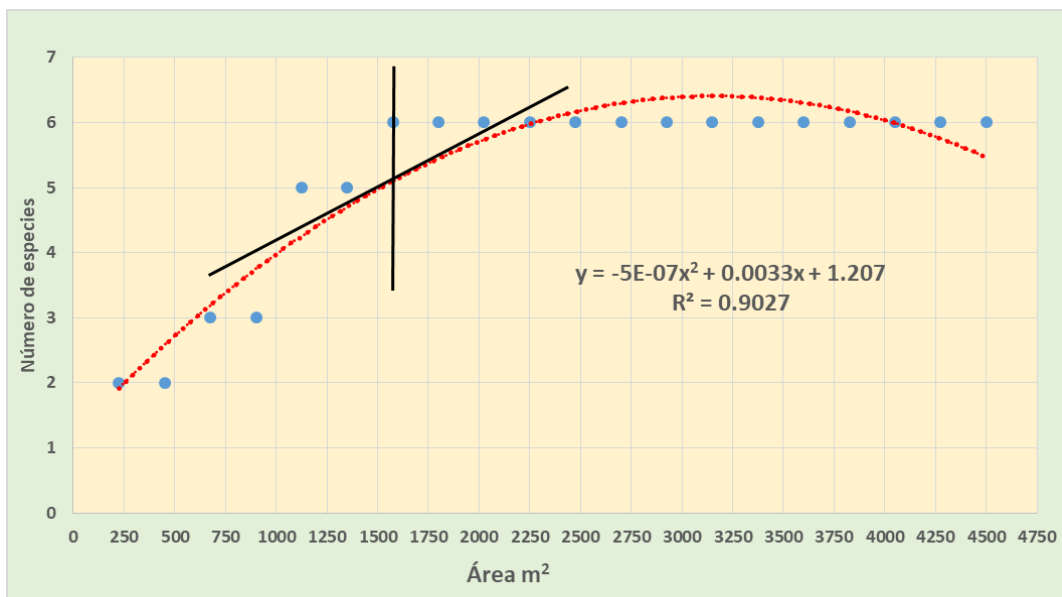
Nº	Especie	Abundancia Relativa %	Frecuencia Relativa %	Dominancia Relativa %	Índice de valor de importancia	Índice de valor de importancia acumulada
1	<i>Pinus radiata</i>	38.78	30.51	55.31	124.60	124.60
2	<i>Eucalyptus globulus</i>	10.90	22.03	44.69	77.62	202.22
3	<i>Escallonia resinosa</i>	26.28	20.34	0.00	46.62	248.84
4	<i>Colletia spinosissima</i>	10.26	8.47	0.00	18.73	267.57
5	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	9.30	8.47	0.00	17.77	285.34
6	<i>Polylepis incana</i>	4.49	10.17	0.00	14.66	300.00

Considerando que el índice de valor de importancia, se entiende como el peso ecológico de cada especie dentro de un bosque determinado (Hernández, 1999 citado en Zamora, 2010), para la zona de vida Bosque Húmedo Montano Subtropical (bh-MS), a una altitud de 3,589 msnm, correspondiente al lugar de estudio del presente trabajo de investigación. De un total valor acumulado de 300, se ha encontrado que las especies exóticas plantadas *Pinus radiata* y el *Eucalyptus globulus*, representa el mayor peso

ecológico dentro del rodal con 202.22 de índice de valor de importancia acumulada, y la otra parte de 97.78 de valor, está representada por las especies nativas de regeneración natural, predominada principalmente por *Escallonia resinosa*.

#### e. Curva especie-área

Un parámetro indicativo que permite verificar la idoneidad de los tamaños de unidades de muestra empleados en el inventario de vegetación, es la curva especies-área (Phillips & Miller, 2002 citado en Reynel, 2002).



**Figura 3.4.** Curva de acumulación de especies del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

El área acumulada y el número de especies acumuladas, proporciona la curva de acumulación de las especies, figura 3.4. El ajuste de los datos es significativo según el modelo de regresión cuadrática, siendo el modelo:  $Y = -5E-07x^2 + 0.0033x + 1.207$ , con el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.9027$ ; al encontrar la primera derivada de esta ecuación, se determinó que la superficie que maximiza el número de especies es de  $1575 \text{ m}^2$ , para las (6) seis especies. Es decir, la curva especies-área, muestra una tendencia clara a la inflexión aproximadamente a partir de la subparcela (7) siete. En adelante, los incrementos en número de especies de cada subparcela se hacen ausentes

Para las unidades de muestra existentes en áreas del rodal de pino (*Pinus radiata*) del Centro Poblado de Putacca, Ayacucho, la curva especies-área denota un tamaño de



muestra ideal para capturar los niveles de diversidad existente (Reynel y Honorio 2004), como se observa en la figura 3.4.

Gálvez (2016), en el trabajo de investigación, en un área del bosque secundario de Lagunilla, a una altitud de 2,465 msnm, reporta que la curva especies-área muestra una tendencia clara a la inflexión aproximadamente a partir de la subparcela 16. Mientras para el bosque natural de Pongora, a una altitud de 2550 msnm, ha encontrado que la curva especies-área muestra una tendencia clara a la inflexión aproximadamente a partir de la subparcela 10.

Teniendo en cuenta los resultados de los trabajos de investigación antes señalados, para la zona de vida Bosque Húmedo Montano Subtropical (bh-MS), a una altitud de 3,589 msnm, correspondiente al lugar de estudio del presente trabajo de investigación, se establece que el tamaño de la unidad muestral de sólo (7) siete subparcelas, es ideal para capturar los niveles de diversidad existente en dicho rodal.

#### **f. Coeficiente de mezcla (CM)**

El coeficiente de mezcla representa la proporción total de especies respecto al número total de individuos, en el presente trabajo de investigación, dicha proporción es de 0.02, es decir, que en 100 individuos se agrupan 2 especies forestales.

$$C.M = \frac{\text{Número total de especies}}{\text{Número total de individuos}} = \frac{6}{312} = 0.02$$

El cociente de mezcla en el presente trabajo de investigación de 0.02, cuyo resultado es relativamente mayor, comparado con los resultados obtenidos por (Gálvez, 2016), en el trabajo de investigación, en un área del bosque secundario de Lagunilla, a una altitud de 2,465 msnm, reporta un coeficiente de mezcla de 0.0178, y para el bosque natural de Pongora, a una altitud de 2550 msnm, una proporción de 0.0092 (Gálvez, 2017).

### 3.2.2. Estructura vertical

#### a. Estrato arbóreo

**Tabla 3.6.** Estrato arbóreo de especies del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

Nº	Especie	Maduro	Adolescente	Fustal	Latizal	Brinzal	Plántula	Total
1	<i>Pinus radiata</i>	15	84	20	2	0	0	121
2	<i>Escallonia resinosa</i>	0	0	0	67	14	1	82
3	<i>Eucalyptus globulus</i>	10	18	2	4	0	0	34
4	<i>Colletia spinosissima</i>	0	0	0	28	4	0	32
5	<i>Austrocylindropuntia S.</i>	0	0	0	0	22	7	29
6	<i>Polylepis incana</i>	0	0	0	8	6	0	14
<b>TOTAL</b>		25	102	22	109	46	8	312

De la tabla 3.6, se deduce que la mayor proporción de la comunidad de individuos del rodal, están representados por el estrato Latizal, con aquellos individuos que tienen alturas  $\geq 1.5$  mh; constituido por 109 individuos de las 5 especies, de las cuales las especies de regeneración natural, es decir *Escallonia resinosa* contribuye con 67 individuos, *Colletia spinosissima* con 28, seguido por *Polylepis incana* con 8 individuos, mientras el resto de 6 individuos corresponden a las especies plantadas *Eucalyptus globulus* (4) y *Pinus radiata* (2).

El estrato Adolescente, es decir individuos que tienen un DAP de 20 a 40 cm, se ubica en la segunda posición, conformado por 102 individuos; de los cuales 84 corresponde a *Pinus radiata* y 18 a *Eucalyptus globulus*, todas correspondiente a especies plantadas. En seguida, se encuentra el estrato Brinzal, individuos con altura de 0.30 m a 1.5 m, compuesto por 46 individuos de las 4 especies de regeneración natural; de los cuales *Austrocylindropuntia subulata* aporta con 22 individuos y *Escallonia resinosa* aporta con 14; el resto de los 10 individuos está conformado por las especies *Polylepis incana* (6) y *Colletia spinosissima* (4).

El estrato maduro, es decir aquellos individuos que tienen un DAP mayor 40 cm, están compuestos por 25 individuos; de los cuales 15 corresponde a *Pinus radiata* y 10 a *Eucalyptus globulus*, ambas especies plantadas. Finalmente, los resultados muestran que los estratos Fustal, individuos con DAP de 10 a 20 cm y Plántulas, individuos con altura

menor a 0.30 m, están conformados por 22 y 8 individuos respectivamente, el primero con individuos correspondiente a las especies plantadas y el segundo con especies de regeneración natural.

De los resultados obtenidos, se puede deducir, que la comunidad vegetal de las especies arbóreas del rodal en estudio, muestran dos grupos de estratos muy diferenciados, entre las especies plantadas y la de regeneración natural. Las especies plantadas, presentan principalmente tres grupos de estratos, fustal, adolescentes y maduros, de los cuales, el estrato adolescente es el predominante, representado por *Pinus radiata*. Mientras tanto las especies de regeneración natural, presentan también tres estratos, plántula, brinzales y latizales, siendo este último el más predominante, representado por *Escallonia resinosa*.

### **3.3. PARÁMETROS DASOMÉTRICOS**

#### **3.1.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)**

El diámetro a la altura del pecho (DAP) tabla 3.7, del rodal de pino (*Pinus radiata*), se encuentra distribuido en (6) seis clases diametrales en intervalos de 10 cm, llegando alcanzar hasta los 60 cm. La clase de intervalo de 0 a 10 cm, se sitúa en la primera posición con 163 individuos de las (6) seis especies; de los cuales *Escallonia resinosa* tiene 82 individuos, *Colletia spinosissima* 32 individuos, *Austrocylindropuntia subulata* 29 individuos y *Polylepis incana* 14 individuos, todas correspondiente a las especies de regeneración natural; mientras el restante de (6) seis individuos pertenecen a las especies plantadas, *Eucalyptus globulus* (4) y *Pinus radiata* (2).

En la segunda, tercera y cuarta ubicación se encuentra las clases de intervalos 20 a 30 cm, 30 a 40 cm y 10 a 20 cm, con 52, 50 y 22 individuos, respectivamente, representado por las especies plantadas *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

Las clases de intervalos de 40 a 50 cm y de 50 a 60 cm, árboles maduros con Diámetro a la Altura de Pecho (DAP) de corta, se encuentran en la quinta y sexta ubicación, con 18 y 7 individuos, respectivamente, constituido por las especies plantas *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

**Tabla 3.7.** Diámetro a la altura del pecho de especies del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

N°	Especie	Diámetro a la altura del pecho (cm)						Total
		0 a 10	10 a 20	20 a 30	30 a 40	40 a 50	50 a 60	
1	<i>Pinus radiata</i>	2	20	46	38	13	2	121
2	<i>Escallonia resinosa</i>	82	0	0	0	0	0	82
3	<i>Eucalyptus globulus</i>	4	2	6	12	5	5	34
4	<i>Colletia spinosissima</i>	32	0	0	0	0	0	32
5	<i>Austrocylindropuntia s.</i>	29	0	0	0	0	0	29
6	<i>Polylepis incana</i>	14	0	0	0	0	0	14
<b>Total</b>		163	22	52	50	18	7	312

Los resultados señalan, que la comunidad vegetal de las especies del rodal, se encuentran en dos grupos de clase diametrales bien diferenciados, entre las especies plantadas y la de regeneración natural. Por su parte las especies plantadas, presentan seis grupos de clases de diámetros; las clases de intervalos de 0 a 10cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm, 30 a 40 cm, 40 a 50 cm y de 50 a 60 cm; de los cuales, las clases de intervalos de 20 a 30 cm y 30 a 40 cm, son los más predominantes, resultado concordante con el estrato adolescente de la masa forestal. Mientras las especies de regeneración natural, se encuentran dentro de la clase de intervalos de 00 a 10 cm., y precisamente por su condición arbustiva, no fue practicable evaluar el diámetro altura de pecho (DAP).

### 3.1.2. Área basal

El área basal representa la cobertura vegetal de las especies arbóreas en el bosque, la distribución de este carácter se presenta en (3) tres clases de área basal, en intervalos de 0.10 m<sup>2</sup>, tabla 3.8. La clase más numerosa es el intervalo comprendido entre 0 a 0.10 m<sup>2</sup>, en el cual se encuentran 267 individuos de las (6) seis especies, de los cuales 92 individuos pertenecen a *Pinus radiata*, 82 a *Escallonia resinosa*, 32 a *Colletia spinosissima*, 29 a *Austrocylindropuntia subulata*, 18 a *Eucalyptus globulus* y 14 *Polylepis incana*.

Las clases de intervalos de 0.10 a 0.20 m<sup>2</sup> y de 0.20 a 0.30 m<sup>2</sup>, se encuentran en la segunda y tercera ubicación, con 39 y 6 individuos, respectivamente, constituido por las especies plantas *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

**Tabla 3.8.** Área basal de especies del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

N°	Especie	Área basal (m <sup>2</sup> )			Total
		0 a 0.10	0.10 a 0.20	0.20 a 0.30	
1	<i>Pinus radiata</i>	92	27	2	121
2	<i>Escallonia resinosa</i>	82	0	0	82
3	<i>Eucalyptus globulus</i>	18	12	4	34
4	<i>Colletia spinosissima</i>	32	0	0	32
5	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	29	0	0	29
6	<i>Polylepis incana</i>	14	0	0	14
<b>TOTAL</b>		267	39	6	312

Los resultados demuestran, que la comunidad vegetal de las especies del rodal, se encuentran en dos grupos de clase de Áreas Basales bien diferenciados, entre las especies plantadas y la de regeneración natural. Por su parte las especies plantadas, presentan tres grupos de clases de Áreas Basales; las clases de intervalos de 0.0 a 0.10 m<sup>2</sup>, 0.10 a 0.20 m<sup>2</sup>, y de 0.20 a 0.30 m<sup>2</sup>; de los cuales, las clases de intervalos de 0.0 a 0.10 m<sup>2</sup>, es el más predominantes. Mientras las especies de regeneración natural, se encuentran también dentro de la clase de intervalos de 0.0 a 0.10 m<sup>2</sup>, y precisamente por su condición arbustiva, no fue practicable evaluar el Área Basal.

### 3.1.3. Altura total

La altura total del rodal de pino (*Pinus radiata*), se distribuye en (9) nueve clases de altura en intervalos de 5 m, tabla 3.9. La clase más numerosa es el intervalo comprendido entre 0 a 5 m, en el cual se encuentran 156 individuos de las (4) cuatro especies de regeneración natural, de los cuales 81 individuos pertenece a *Escallonia resinosa*, 32 a *Colletia spinosissima*, 29 a *Austrocylindropuntia subulata* y 14 *Polylepis incana*. Asimismo en la clase de intervalo de 5 a 10 m de altura, ubicada en el sexto lugar, se encuentra (1) un individuo de *Escallonia resinosa*.

**Tabla 3.9.** Altura total de especies del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

N°	Especie	Altura total (m)									Total
		0 a 5	5 a 10	10 a 15	15 a 20	20 a 25	25 a 30	30 a 35	35 a 40	45 a 50	
1	<i>Pinus radiata</i>	0	4	20	55	34	6	1	0	1	121
2	<i>Escallonia resinosa</i>	81	1	0	0	0	0	0	0	0	82
3	<i>Eucalyptus globulus</i>	0	2	3	1	9	13	5	1	0	34
4	<i>Colletia spinosissima</i>	32	0	0	0	0	0	0	0	0	32
5	<i>Austrocylindropuntia s.</i>	29	0	0	0	0	0	0	0	0	29
6	<i>Polylepis incana</i>	14	0	0	0	0	0	0	0	0	14
<b>TOTAL</b>		156	7	23	56	43	19	6	1	1	312

De la segunda hasta la novena ubicación, se encuentra las clases de intervalos 15 a 20 m, 20 a 25 m, 10 a 15 m, 25 a 30 m, 5 a 10 m, 30 a 35 m, 35 a 40 m y 45 a 50 m, con 56, 43, 23, 19, 7, 6, 1 y 1 individuos, respectivamente, representado principalmente por las especies plantadas *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

Los resultados expresan, que la comunidad vegetal de las especies del rodal, se encuentran en dos grupos de clase de altura bien diferenciados, entre las especies plantadas y la de regeneración natural. Por su parte las especies plantadas, presentan ocho grupos de clases de altura; las clases de intervalos de 5 a 10 m, 10 a 15 m, 15 a 20 m, 20 a 25 m, 25 a 30 m, 30 a 35 m, 35 a 40 m, y 45 a 50 m; de los cuales, las clases de intervalos de 15 a 20 m, es el más predominantes. Mientras las especies de regeneración natural, se encuentran dentro de clase de intervalos de 0 a 5 m, y precisamente por su condición arbustiva, no superan los 5 m de altura.

### 3.1.4. Volumen total

El volumen total del rodal de pino (*Pinus radiata*), se presenta en (4) cuatro clases volumétricas, en intervalo de  $1\text{m}^3$ , tabla 3.10. La clase más numerosa es el intervalo comprendido entre 0 a  $1.0\text{m}^3$ , en el cual se encuentran 249 individuos de las (6) seis especies, de los cuales 82 individuos pertenecen a *Pinus radiata*, 82 a *Escallonia resinosa*, 32 a *Colletia spinosissima*, 29 a *Austrocylindropuntia subulata*, 10 a *Eucalyptus globulus* y 14 *Polylepis incana*.

Las clases de intervalos de 1.0 a 2.0 m<sup>3</sup>, 2.0 a 3.0 m<sup>3</sup> y de 3.0 a 40 m<sup>3</sup>, se encuentran en la segunda, tercera y cuarta ubicación, con 46, 10 y 7 individuos, respectivamente, constituido por las especies plantas *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

**Tabla 3.10.** Volumen total de especies del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos, Ayacucho, 2017

N°	Especie	Volumen total (m <sup>3</sup> )				Total
		0 a 1.0	1.0 a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	
1	<i>Pinus radiata</i>	82	35	3	1	121
2	<i>Escallonia resinosa</i>	82	0	0	0	82
3	<i>Eucalyptus globulus</i>	10	11	7	6	34
4	<i>Colletia spinosissima</i>	32	0	0	0	32
5	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	29	0	0	0	29
6	<i>Polylepis incana</i>	14	0	0	0	14
<b>TOTAL</b>		249	46	10	7	312

Los resultados manifiestan, que la comunidad vegetal de las especies del rodal, se encuentran en dos grupos de clase de volumen bien diferenciados, entre las especies plantadas y la de regeneración natural. Por su parte las especies plantadas, presentan cuatro grupos de clases de volumen; las clases de intervalos de 0 a 1.0 m<sup>3</sup>, 1.0 a 2.0 m<sup>3</sup>, 2.0 a 3.0 m<sup>3</sup> y de 3.0 a 40 m<sup>3</sup>; de los cuales, las clases de intervalos de 0.0 a 0.10 m<sup>3</sup>, es el más predominantes. Mientras las especies de regeneración natural, se encuentran también dentro de la clase de intervalos de 0.0 a 0.10 m<sup>3</sup>, y precisamente por su condición arbustiva, no fue practicable evaluar el volumen.

## CONCLUSIONES

De los resultados y la discusión se concluye:

1. Se ha identificado seis familias, cada familia con un género y una especie; de los cuales dos especies exóticas plantadas *Pinus radiata* de la familia Pinaceae y *Eucalyptus globulus* de la familia Myrtaceae, y cuatro especies de regeneración natural, de las cuales, la más numerosa es *Escallonia resinosa* de la familia Escalloniaceae, seguidos por *Colletia spinosissima* de la familia Rhamnaceae, *Austrocylindropuntia subulata* de la familia Cactaceae y *Polylepis incana* de la familia Rosaceae.
2. La estructura horizontal compuesta por la abundancia y frecuencia, está representada por *Pinus radiata*, para las especies exóticas y por *Escallonia resinosa* para las especies nativas; mientras la dominancia está representada por las especies exóticas *Pinus radiata*, seguida por *Eucalyptus globulus*. El índice de valor de importancia está representado por *Pinus radiata*, seguida por *Eucalyptus globulus* para las especies exóticas, y para las nativas por *Escallonia resinosa*. El rodal posee un coeficiente de mezcla de 0.02.
3. La estructura vertical está constituida por el estrato adolescente; para las especies exóticas, representado por *Pinus radiata*; mientras para las nativas el estrato latizal está representado por *Escallonia resinosa*.
4. Los parámetros dasométricos para las especies exótica, están constituidos por el diámetro a la altura del pecho, con intervalos de 20 a 30 cm y 30 a 40 cm, el área basal con intervalos de 0.0 a 0.10 m<sup>2</sup>, la altura total con intervalos de 15 a 20 m, y el volumen total con intervalos de 0.0 a 0.10 m<sup>3</sup>. Mientras para las especies nativas, la altura total se encuentra entre los intervalos de 0 a 5 m.



## RECOMENDACIONES

1. Los resultados no deben considerarse como absoluto, por ser el primer trabajo de investigación en el ámbito de estudio.
2. Se recomienda realizar más investigación en el tema y ecosistemas de bosques y rodales similares y otras en el ámbito de estudio.
3. Revalorar la importancia ecológica del rodal, en función a las especies *Pinus radiata* y *Escallonia resinosa*.
4. Se recomienda elaborar y ejecutar un plan de manejo, orientado a la regeneración natural y artificial de la especie *Escallonia resinosa* (Chachacoma).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTÓN, D. Y REYNEL C. (2004). Relictos de Bosques de Excepcional Diversidad en los Andes Centrales del Perú. Primera Edición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- BEEK, R. Y SÁENZ, G. (1992). Manejo forestal basado en la generación natural del bosque. Estudio de caso en los robledales de altura de la cordillera de Talamanca, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico N° 200. Costa Rica.
- EMRICH, A. POKORNY, B. Y SEPP, C. (2000). Importancia del manejo de los bosques secundarios para la política de desarrollo. Investigación de los bosques tropicales. ECO–Society for socio-ecological programme consultancy. Número de la serie: FTWF-18s
- FLORES, E. (2012). Tratamientos silviculturales en bosques naturales. En Silvicultura de bosques y plantaciones. INIA. Pucallpa, Perú.
- GÁLVEZ, Y. (2015). Agrotécnica aplicada. Capítulo de silvicultura. Guía de estudios. UNSCH, Ayacucho. Perú.
- GÁLVEZ, Y. (2016). Composición florística y estructural de bosque secundario de Lagunilla, Pacaycasa, Ayacucho, 2016. Trabajo de investigación. UNSCH, Ayacucho, Perú.
- GÁLVEZ, Y. (2017). Composición florística y estructural del bosque natural de Pongora, del distrito de Pacaycasa, Ayacucho, 2017. Trabajo de investigación. UNSCH, Ayacucho, Perú.
- GUARIGUATA (2002). Ecología de bosques neotropicales. Editorial Tecnológica, Costa Rica.
- HERNÁNDEZ, M. (s/f). Silvicultura y manejo integral de los recursos forestales. III Unidad. In Programa de sistema de producción forestal. Universidad Autónoma de Chihuahua. México.
- HOLDRIDGE, L. 1978. Ecología basada en las zonas de vida. Centro Científico Tropical, Costa Rica. 216 pp.
- INRENA. Instituto Nacional de Recursos Naturales (2000). Ley Forestal y de Fauna Silvestre N° 27308, Lima Perú.
- LLERENA, C., YALLE, S., y SILVESTRE, E. (2014). Los bosques y el cambio climático en el Perú: situación y perspectivas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Lima, Perú

- MANZANERO, M. Y PINELO, G. (2004). Plan silvicultural en unidades de manejo forestal. Programa Ambiental Regional para Centroamérica (PROARCA). USAID. Banco Mundial.E.E.U.U.
- MINAM (2010). Dirección General de Forestal y Fauna Silvestre. Ley forestal y de Fauna Silvestre N° 29763, Lima-Perú.
- MINAM (2015). Guía de inventario de la flora y vegetación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. – Lima-Perú.
- MINAG (2011). El Perú de los bosques. Lima, Perú
- PROGRAMA BOSQUES ANDINOS. (s/f). Bosques de montaña y la gestión del cambio climático en los andes. Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela.
- RUANO M., R. (2008). Viveros Forestales “manual de cultivo y proyectos”. Madrid – España.
- SOLANO, R. (2013). Forestación. Guía de estudios. UNSCH, Ayacucho. Perú.
- WADSWORTH, F. (2000). Producción Forestal para América Tropical. Manual de Agricultura 710-S. Departamento de Agricultura de los EE.UU (U.S.A).
- WARREN, G. Y SCHARPENBERG. R. (1995). Modelo de Suministro Mundial de Fibra. FAO. La Dirección de Productos Forestales del Departamento de Montes. Italia.

## BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

- AGUIRRE, Z., BETANCOURT, Y., y GEADA, G. (2013). Composición florística y estructura de los bosques secos de la provincia de Loja, Ecuador. Disponible file: [///C:/Users/USUARIO/Downloads/140-549-1-PB.pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/140-549-1-PB.pdf). Acceso: 27 de agosto de 2017.
- ALVIS, G. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del Municipio de Popayán, Universidad de Cauca. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a13.pdf>. Acceso 23 de agosto de 2017.
- ARAUJO, A., JORGENSEN, P., MALDONADO, C., y PANIAGUA, N. (2005). Composición florística y estructura del bosque de ceja de monte en Yungas, sector de Tambo Quemado-Pelechuco, Bolivia. Disponible: <https://es.scribd.com/document/54410194/11TamboQuemado40-3-1>. Acceso 27 de agosto de 2017.
- BACA, M. (2000). Caracterización de la estructura vertical y horizontal en bosques de pino-encino, en la Universidad Autónoma Nuevo León. Disponible: <http://eprints.uanl.mx/7749/1/1020136368.PDF>. Acceso 01 de setiembre de 2017.
- CORVALÁN, P. y HERNÁNDEZ, J. (2006). Universidad de Chile, facultad de Ciencias Forestales, Catedra de Dasometria 2006. Estructura de un Rodal. Disponible: file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/2.\_Estructura\_de\_Rodal.pdf. Acceso 01 de agosto de 2017.
- FAO (2007). Inventario nacional forestal Honduras. Disponible: <http://www.fao.org/forestry/16059-0c97fd45560ca9917b825b0f7f687f2a5.pdf>. Acceso 10 de julio de 2017.
- FAO. (2013). Gestión sostenible de plantaciones de *Pinus radiata* por Donald J. Mead, Silvicultura. Disponible en. URL. <https://n9.cl/foxd6>
- FREITAS, L. (1996). Caracterización florística y estructural de cuatro comunidades boscosas de la llanura aluvial inundable en la zona de Jenaro Herrera, Amazoniperuana. Instituto de investigaciones de la Amazonia peruana-Iquitos. Disponible: <http://www.iiap.org.pe/upload/Publicacion/ST021.pdf>. Acceso 01 de agosto de 2017.
- SÁNCHEZ Y RODRÍGUEZ (2002). Silvicultura de *Pinus radiata*. Disponible:

[http://webspersoais.usc.es/export9/sites/persoais/persoais/roque.rodriguez/descargas/Pinus\\_radiata.pdf](http://webspersoais.usc.es/export9/sites/persoais/persoais/roque.rodriguez/descargas/Pinus_radiata.pdf). Acceso 15 de agosto de 2017.

ZAMORA, M. (2010). Caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, Miramar, Puntarenas, Costa Rica. Disponible: [http://bibliodigital.itcr.ac.cr/bitstream/handle/2238/3017/Informe\\_final.pdf?sequence=1](http://bibliodigital.itcr.ac.cr/bitstream/handle/2238/3017/Informe_final.pdf?sequence=1). Acceso 05 de setiembre de 2017.

# ANEXOS

## ANEXO 1

Base de datos de campo del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos

		N°		ESPECIE	DAP (cm)	ALTURA TOTAL (m)	AREA BASAL (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN TOTAL (m <sup>3</sup> )
1	1	1	1	<i>Pinus radiata</i>	18	47	0.025	0.777
1		2	2	<i>Pinus radiata</i>	33	15	0.086	0.834
1		3	3	<i>Pinus radiata</i>	28	12	0.062	0.480
1		4	4	<i>Eucalyptus globulus</i>	45	25	0.159	2.584
1		5	5	<i>Eucalyptus globulus</i>	54	22	0.229	3.275
1		6	6	<i>Eucalyptus globulus</i>	50	23	0.196	2.935
2	2	7	1	<i>Pinus radiata</i>	46	23	0.166	2.485
2		8	2	<i>Pinus radiata</i>	31	16	0.075	0.785
2		9	3	<i>Pinus radiata</i>	30	16	0.071	0.735
2		10	4	<i>Pinus radiata</i>	38	19	0.113	1.401
2		11	5	<i>Pinus radiata</i>	20	19	0.031	0.388
2		12	6	<i>Eucalyptus globulus</i>	51	26	0.204	3.452
3	3	13	1	<i>Pinus radiata</i>	23	10	0.042	0.270
3		14	2	<i>Pinus radiata</i>	40	16	0.126	1.307
3		15	3	<i>Pinus radiata</i>	33	17	0.086	0.945
3		16	4	<i>Pinus radiata</i>	43	16	0.145	1.510
3		17	5	<i>Eucalyptus globulus</i>	56	24	0.246	3.842
3		18	6	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.5	0.000	0.000
3		19	7	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.45	0.000	0.000
3		20	8	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.48	0.000	0.000
3		21	9	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.22	0.000	0.000
3		22	10	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.6	0.000	0.000
3		23	11	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.87	0.000	0.000
3		24	12	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.28	0.000	0.000
3		25	13	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.65	0.000	0.000
3		26	14	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.41	0.000	0.000
3	27	15	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.55	0.000	0.000	
3	28	16	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.4	0.000	0.000	
3	29	17	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.6	0.000	0.000	
4	4	30	1	<i>Pinus radiata</i>	31	14	0.075	0.687
4		31	2	<i>Pinus radiata</i>	30	17	0.071	0.781
4		32	3	<i>Pinus radiata</i>	29	16	0.066	0.687
4		33	4	<i>Pinus radiata</i>	23	16	0.042	0.432
4		34	5	<i>Pinus radiata</i>	53	26	0.221	3.728
4		35	6	<i>Pinus radiata</i>	28	22	0.062	0.881
4		36	7	<i>Pinus radiata</i>	36	20	0.102	1.323
4		37	8	<i>Pinus radiata</i>	35	20	0.096	1.251
4		38	9	<i>Pinus radiata</i>	36	20	0.102	1.323
4		39	10	<i>Pinus radiata</i>	55	17	0.238	2.625
4		40	11	<i>Eucalyptus globulus</i>	44	28	0.152	2.767
4		41	12	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.5	0.000	0.000
4		42	13	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.45	0.000	0.000
4		43	14	<i>Polylepis incana</i>		1.65	0.000	0.000
5	5	44	1	<i>Pinus radiata</i>	27	18	0.057	0.670
5		45	2	<i>Pinus radiata</i>	29	19	0.066	0.816
5		46	3	<i>Pinus radiata</i>	26	17	0.053	0.587
5		47	4	<i>Pinus radiata</i>	36	16	0.102	1.059
5		48	5	<i>Pinus radiata</i>	38	18	0.113	1.327
5		49	6	<i>Pinus radiata</i>	30	19	0.071	0.873
5		50	7	<i>Pinus radiata</i>	24	14	0.045	0.412
5		51	8	<i>Pinus radiata</i>	19	15	0.028	0.276
5		52	9	<i>Pinus radiata</i>	33	18	0.086	1.001
5		53	10	<i>Pinus radiata</i>	31	19	0.075	0.932
5		54	11	<i>Pinus radiata</i>	32	14	0.080	0.732
5		55	12	<i>Pinus radiata</i>	37	22	0.108	1.538
5		56	13	<i>Pinus radiata</i>	27	16	0.057	0.595
5		57	14	<i>Pinus radiata</i>	24	13	0.045	0.382
5		58	15	<i>Eucalyptus globulus</i>	25	24	0.049	0.766
5		59	16	<i>Polylepis incana</i>		0.8	0.000	0.000
5		60	17	<i>Polylepis incana</i>		0.75	0.000	0.000
5		61	18	<i>Polylepis incana</i>		2.3	0.000	0.000
5		62	19	<i>Polylepis incana</i>		2.2	0.000	0.000
5		63	20	<i>Escallonia resinosa</i>		1.7	0.000	0.000
5		64	21	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		1.2	0.000	0.000

6	6	65	1	<i>Pinus radiata</i>	25	15	0.049	0.479
6		66	2	<i>Pinus radiata</i>	21	13	0.035	0.293
6		67	3	<i>Pinus radiata</i>	30	17	0.071	0.781
6		68	4	<i>Pinus radiata</i>	43	17	0.145	1.605
6		69	5	<i>Eucalyptus globulus</i>	33	30	0.086	1.668
6		70	6	<i>Eucalyptus globulus</i>	7.1	15	0.004	0.039
6		71	7	<i>Eucalyptus globulus</i>	36	28	0.102	1.853
6		72	8	<i>Escallonia resinosa</i>		2.2	0.000	0.000
6		73	9	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.7	0.000	0.000
6		74	10	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.15	0.000	0.000
6		75	11	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.25	0.000	0.000
6		76	12	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.3	0.000	0.000
6		77	13	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.3	0.000	0.000
6		78	14	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.15	0.000	0.000
7	7	79	1	<i>Pinus radiata</i>	23	16	0.042	0.432
7		80	2	<i>Pinus radiata</i>	23	16	0.042	0.432
7		81	3	<i>Pinus radiata</i>	19.5	18	0.030	0.349
7		82	4	<i>Eucalyptus globulus</i>	47	27	0.173	3.045
7		83	5	<i>Eucalyptus globulus</i>	29.5	25	0.068	1.111
7		84	6	<i>Eucalyptus globulus</i>	28	24	0.062	0.961
7		85	7	<i>Eucalyptus globulus</i>	6	8	0.003	0.015
7		86	8	<i>Colletia spinosissima</i>		1.7	0.000	0.000
7		87	9	<i>Escallonia resinosa</i>		3.5	0.000	0.000
7		88	10	<i>Escallonia resinosa</i>		3.2	0.000	0.000
8	8	89	1	<i>Pinus radiata</i>	27	18	0.057	0.670
8		90	2	<i>Pinus radiata</i>	16	15	0.020	0.196
8		91	3	<i>Pinus radiata</i>	29	17	0.066	0.730
8		92	4	<i>Pinus radiata</i>	25	15	0.049	0.479
8		93	5	<i>Pinus radiata</i>	21	16	0.035	0.360
8		94	6	<i>Pinus radiata</i>	30	18	0.071	0.827
8		95	7	<i>Pinus radiata</i>	36	25	0.102	1.654
8		96	8	<i>Pinus radiata</i>	21	17	0.035	0.383
8		97	9	<i>Pinus radiata</i>	29	21	0.066	0.902
8		98	10	<i>Pinus radiata</i>	15	13	0.018	0.149
8		99	11	<i>Colletia spinosissima</i>		0.7	0.000	0.000
8		100	12	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.1	0.000	0.000
8		101	13	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.25	0.000	0.000
8		102	14	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.75	0.000	0.000
8		103	15	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.3	0.000	0.000
8		104	16	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.3	0.000	0.000
8		105	17	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.4	0.000	0.000
8		106	18	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.4	0.000	0.000
8		107	19	<i>Austrocyllindropuntia subulata</i>		0.45	0.000	0.000
9	9	108	1	<i>Pinus radiata</i>	25	15	0.049	0.479
9		109	2	<i>Pinus radiata</i>	35	22	0.096	1.376
9		110	3	<i>Pinus radiata</i>	28	23	0.062	0.921
9		111	4	<i>Pinus radiata</i>	43	18	0.145	1.699
9		112	5	<i>Pinus radiata</i>	40	21	0.126	1.715
9		113	6	<i>Colletia spinosissima</i>		3.5	0.000	0.000
9		114	7	<i>Colletia spinosissima</i>		3	0.000	0.000
9		115	8	<i>Colletia spinosissima</i>		2.5	0.000	0.000
9		116	9	<i>Colletia spinosissima</i>		1.8	0.000	0.000
9		117	10	<i>Colletia spinosissima</i>		1.5	0.000	0.000
9		118	11	<i>Colletia spinosissima</i>		3	0.000	0.000
9		119	12	<i>Colletia spinosissima</i>		2.5	0.000	0.000
9		120	13	<i>Colletia spinosissima</i>		3.5	0.000	0.000
9		121	14	<i>Colletia spinosissima</i>		4	0.000	0.000
9		122	15	<i>Colletia spinosissima</i>		3.5	0.000	0.000
9		123	16	<i>Colletia spinosissima</i>		3.2	0.000	0.000
9		124	17	<i>Colletia spinosissima</i>		2	0.000	0.000
9		125	18	<i>Colletia spinosissima</i>		1.5	0.000	0.000
9		126	19	<i>Colletia spinosissima</i>		2.5	0.000	0.000
9		127	20	<i>Colletia spinosissima</i>		2.75	0.000	0.000
9		128	21	<i>Colletia spinosissima</i>		3.2	0.000	0.000
9		129	22	<i>Colletia spinosissima</i>		3.8	0.000	0.000
9		130	23	<i>Colletia spinosissima</i>		2.8	0.000	0.000



10	10	131	1	<i>Escallonia resinosa</i>		1.5	0.000	0.000
10		132	2	<i>Escallonia resinosa</i>		1.55	0.000	0.000
10		133	3	<i>Escallonia resinosa</i>		2.15	0.000	0.000
10		134	4	<i>Escallonia resinosa</i>		2.35	0.000	0.000
10		135	5	<i>Escallonia resinosa</i>		2.15	0.000	0.000
10		136	6	<i>Escallonia resinosa</i>		3.3	0.000	0.000
10		137	7	<i>Escallonia resinosa</i>		0.9	0.000	0.000
10		138	8	<i>Escallonia resinosa</i>		1.4	0.000	0.000
10		139	9	<i>Escallonia resinosa</i>		2.5	0.000	0.000
10		140	10	<i>Escallonia resinosa</i>		1.9	0.000	0.000
10		141	11	<i>Escallonia resinosa</i>		2.4	0.000	0.000
10		142	12	<i>Escallonia resinosa</i>		3.5	0.000	0.000
10		143	13	<i>Escallonia resinosa</i>		1.8	0.000	0.000
10		144	14	<i>Escallonia resinosa</i>		2.25	0.000	0.000
10		145	15	<i>Escallonia resinosa</i>		2.15	0.000	0.000
10		146	16	<i>Escallonia resinosa</i>		2.65	0.000	0.000
10		147	17	<i>Escallonia resinosa</i>		2.9	0.000	0.000
10		148	18	<i>Escallonia resinosa</i>		1.5	0.000	0.000
10		149	19	<i>Escallonia resinosa</i>		0.6	0.000	0.000
10		150	20	<i>Escallonia resinosa</i>		2.5	0.000	0.000
10		151	21	<i>Escallonia resinosa</i>		1.8	0.000	0.000
10		152	22	<i>Escallonia resinosa</i>		3.8	0.000	0.000
10		153	23	<i>Escallonia resinosa</i>		2.15	0.000	0.000
10		154	24	<i>Escallonia resinosa</i>		1.5	0.000	0.000
10		155	25	<i>Escallonia resinosa</i>		1.6	0.000	0.000
10		156	26	<i>Escallonia resinosa</i>		1.5	0.000	0.000
10		157	27	<i>Colletia spinosissima</i>		1.58	0.000	0.000
10		158	28	<i>Colletia spinosissima</i>		1.8	0.000	0.000
10		159	29	<i>Colletia spinosissima</i>		1.65	0.000	0.000
10		160	30	<i>Colletia spinosissima</i>		1.52	0.000	0.000
10		161	31	<i>Colletia spinosissima</i>		1.25	0.000	0.000
10		162	32	<i>Colletia spinosissima</i>		1.35	0.000	0.000
10		163	33	<i>Colletia spinosissima</i>		1.9	0.000	0.000
10		164	34	<i>Colletia spinosissima</i>		1.5	0.000	0.000
11	11	165	1	<i>Pinus radiata</i>	44	20	0.152	1.977
11		166	2	<i>Pinus radiata</i>	42	21	0.139	1.891
11		167	3	<i>Pinus radiata</i>	36	17	0.102	1.125
11		168	4	<i>Pinus radiata</i>	40	22	0.126	1.797
11		169	5	<i>Pinus radiata</i>	20	21	0.031	0.429
11		170	6	<i>Pinus radiata</i>	47	20	0.173	2.255
11		171	7	<i>Pinus radiata</i>	29	18	0.066	0.773
11		172	8	<i>Polylepis incana</i>		1.7	0.000	0.000
11		173	9	<i>Escallonia resinosa</i>		4.2	0.000	0.000
12	12	174	1	<i>Pinus radiata</i>	34	15	0.091	0.885
12		175	2	<i>Pinus radiata</i>	35	21	0.096	1.313
12		176	3	<i>Pinus radiata</i>	32	12	0.080	0.627
12		177	4	<i>Pinus radiata</i>	16	17	0.020	0.222
12		178	5	<i>Pinus radiata</i>	35	17	0.096	1.063
12		179	6	<i>Pinus radiata</i>	38	20	0.113	1.474
12		180	7	<i>Pinus radiata</i>	16	13	0.020	0.170
12		181	8	<i>Pinus radiata</i>	19	16	0.028	0.295
12		182	9	<i>Pinus radiata</i>	31	15	0.075	0.736
12		183	10	<i>Eucalyptus globulus</i>	31	24	0.075	1.177
12		184	11	<i>Eucalyptus globulus</i>	38	25	0.113	1.843
12		185	12	<i>Polylepis incana</i>		2.2	0.000	0.000
12		186	13	<i>Polylepis incana</i>		1.9	0.000	0.000
12		187	14	<i>Polylepis incana</i>		1.8	0.000	0.000

18	18	254	1	<i>Pinus radiata</i>	40	20	0.126	1.634
18		255	2	<i>Pinus radiata</i>	21	18	0.035	0.405
18		256	3	<i>Pinus radiata</i>	9	14	0.006	0.058
18		257	4	<i>Pinus radiata</i>	26	23	0.053	0.794
18		258	5	<i>Pinus radiata</i>	22	22	0.038	0.544
18		259	6	<i>Pinus radiata</i>	8	10	0.005	0.033
18		260	7	<i>Pinus radiata</i>	28	19	0.062	0.760
18		261	8	<i>Pinus radiata</i>	33	22	0.086	1.223
18		262	9	<i>Escallonia resinosa</i>		2.3	0.000	0.000
18		263	10	<i>Escallonia resinosa</i>		2.5	0.000	0.000
18		264	11	<i>Escallonia resinosa</i>		5	0.000	0.000
18		265	12	<i>Escallonia resinosa</i>		4	0.000	0.000
18		266	13	<i>Escallonia resinosa</i>		1	0.000	0.000
19		19	267	1	<i>Pinus radiata</i>	27	8	0.057
19	268		2	<i>Pinus radiata</i>	16	7	0.020	0.091
19	269		3	<i>Pinus radiata</i>	19	7	0.028	0.129
19	270		4	<i>Pinus radiata</i>	30	15	0.071	0.689
19	271		5	<i>Pinus radiata</i>	24	15	0.045	0.441
19	272		6	<i>Pinus radiata</i>	23	12	0.042	0.324
19	273		7	<i>Escallonia resinosa</i>		1.5	0.000	0.000
19	274		8	<i>Escallonia resinosa</i>		1.47	0.000	0.000
19	275		9	<i>Escallonia resinosa</i>		1.5	0.000	0.000
19	276		10	<i>Escallonia resinosa</i>		1.7	0.000	0.000
19	277		11	<i>Escallonia resinosa</i>		2.1	0.000	0.000
19	278		12	<i>Escallonia resinosa</i>		0.59	0.000	0.000
19	279		13	<i>Escallonia resinosa</i>		0.8	0.000	0.000
19	280		14	<i>Escallonia resinosa</i>		0.2	0.000	0.000
19	281		15	<i>Polylepis incana</i>		2.45	0.000	0.000
20	20	282	1	<i>Pinus radiata</i>	40.5	22	0.129	1.842
20		283	2	<i>Pinus radiata</i>	42	21	0.139	1.891
20		284	3	<i>Escallonia resinosa</i>		1.5	0.000	0.000
20		285	4	<i>Escallonia resinosa</i>		1.7	0.000	0.000
20		286	5	<i>Escallonia resinosa</i>		0.8	0.000	0.000
20		287	6	<i>Escallonia resinosa</i>		2.2	0.000	0.000
20		288	7	<i>Escallonia resinosa</i>		1.5	0.000	0.000
20		289	8	<i>Escallonia resinosa</i>		1.09	0.000	0.000
20		290	9	<i>Escallonia resinosa</i>		2.15	0.000	0.000
20		291	10	<i>Escallonia resinosa</i>		1.75	0.000	0.000
20		292	11	<i>Escallonia resinosa</i>		2.65	0.000	0.000
20		293	12	<i>Escallonia resinosa</i>		2.4	0.000	0.000
20		294	13	<i>Escallonia resinosa</i>		1.48	0.000	0.000
20		295	14	<i>Escallonia resinosa</i>		2.6	0.000	0.000
20		296	15	<i>Escallonia resinosa</i>		3.1	0.000	0.000
20		297	16	<i>Escallonia resinosa</i>		3.05	0.000	0.000
20		298	17	<i>Escallonia resinosa</i>		0.9	0.000	0.000
20		299	18	<i>Escallonia resinosa</i>		1	0.000	0.000
20		300	19	<i>Escallonia resinosa</i>		0.8	0.000	0.000
20		301	20	<i>Escallonia resinosa</i>		1.5	0.000	0.000
20		302	21	<i>Escallonia resinosa</i>		1.25	0.000	0.000
20		303	22	<i>Escallonia resinosa</i>		1.22	0.000	0.000
20		304	23	<i>Escallonia resinosa</i>		1.5	0.000	0.000
20		305	24	<i>Escallonia resinosa</i>		1.3	0.000	0.000
20	306	25	<i>Escallonia resinosa</i>		1.25	0.000	0.000	
20	307	26	<i>Escallonia resinosa</i>		1.8	0.000	0.000	
20	308	27	<i>Escallonia resinosa</i>		3.2	0.000	0.000	
20	309	28	<i>Colletia spinosissima</i>		0.9	0.000	0.000	
20	310	29	<i>Colletia spinosissima</i>		3.5	0.000	0.000	
20	311	30	<i>Colletia spinosissima</i>		3.1	0.000	0.000	
20	312	31	<i>Colletia spinosissima</i>		2.1	0.000	0.000	

## ANEXO 2

Composición florística del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos

Nº	Nombre común	Familia	Género	Especie	Total	Prom. DAP (cm)	Prom. Altura total	Área basal (m <sup>2</sup> )	Volumen total (m <sup>3</sup> )
1	Pino	Pinaceae	Pinus	<i>Pinus radiata</i>	121	28.52	17.86	1.31	15.91
2	Chachacomo	Escalloniaceae	Escallonia	<i>Escallonia resinosa</i>	82	-	2.08	-	-
3	Eucalipto	Myrtaceae	Eucalyptus	<i>Eucalyptus globulus</i>	34	32.80	23.82	1.05	22.39
4	Taqsana	Rhamnaceae	Colletia	<i>Colletia spinosissima</i>	32	-	2.35	-	-
5	Ancuquichca	Cactaceae	Austrocylindropuntia	<i>Austrocylindropuntia subula</i>	29	-	0.45	-	-
6	Qenhua	Rosaceae	Polylepis	<i>Polylepis incana</i>	14	-	1.55	-	-
TOTAL					312			2.36	38.30

## ANEXO 3

Datos de estrato arbóreo del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos

Nº	Nombre común	Familia	Género	Especie	Maduro	Adolescente	Futsal	Latizal	Brinzal	Plántula	Total
1	Pino	Pinaceae	Pinus	<i>Pinus radiata</i>	15	84	20	2	0	0	121
2	Chachacomo	Escalloniaceae	Escallonia	<i>Escallonia resinosa</i>	0	0	0	67	14	1	82
3	Eucalipto	Myrtaceae	Eucalyptus	<i>Eucalyptus globulus</i>	10	18	2	4	0	0	34
4	Taqsana	Rhamnaceae	Colletia	<i>Colletia spinosissima</i>	0	0	0	28	4	0	32
5	Ancuquichca	Cactaceae	Austrocylindropuntia	<i>Austrocylindropuntia subula</i>	0	0	0	0	22	7	29
6	Qenhua	Rosaceae	Polylepis	<i>Polylepis incana</i>	0	0	0	8	6	0	14
TOTAL					25	102	22	109	46	8	312

#### ANEXO 4

Datos de estructura horizontal del rodal de pino (*Pinus radiata*), Centro Poblado de Putacca, Vinchos

Nº	Especie	Nº de arboles	Área basal (m <sup>2</sup> )	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada	Dominancia absoluta	Dominancia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada	Índice de valor de importancia	Índice de valor de importancia acumulada
1	<i>Pinus radiata</i>	121	1.31	121	38.78	38.78	90.0	30.51	30.51	0.55	55.31	55.31	124.60	124.60
2	<i>Eucalyptus globulus</i>	34	1.06	34	10.90	49.68	65.0	22.03	52.54	0.45	44.69	100	77.62	202.22
3	<i>Escallonia resinosa</i>	82	0	82	26.28	75.96	60.0	20.34	72.88	0.00	0.00	100	46.62	248.84
4	<i>Colletia spinosissima</i>	32	0	32	10.26	86.22	25.0	8.47	81.35	0.00	0.00	100	18.73	267.57
5	<i>Austrocylindropuntia subula</i>	29	0	29	9.30	95.52	25.0	8.47	89.82	0.00	0.00	100	17.77	285.34
6	<i>Polylepis incana</i>	14	0	14	4.49	100	30.0	10.17	100	0.00	0.00	100	14.66	300.00
TOTAL		312	2.37	312	100.0			99.99			100.0		300.00	



**ANEXO 5**  
Panel fotográfico



**Foto 1.** Ubicación del lugar de trabajo, georreferenciación de la zona a evaluar



**Foto 2.** Señalización de puntos en los subplots a evaluar





**Foto 3.** Forma y distribución de unidades de muestreo. Delimitación de los subplots para el estudio correspondiente



**Foto 4.** Identificación y numeración de los subplots





**Foto 5.** Medición de altura de los árboles dominantes



**Foto 6.** Identificación de especies en los cuadrantes estudiados





**Foto 7.** Medición DAP, de las especies encontradas en los cuadrantes



**Foto 8.** Medición la altura de los arbustos y DAP de árboles presentes en los cuadrantes





Cactus (*Austrocylindropuntia subulata*)



Chachacomo (*Escallonia resinosa*)



Pino patula (*Pinus patula*)



Taqšana (*Colletia spinosissima*)

**Foto 9.** Algunas especies encontradas en los cuadrantes evaluados





**Foto 8.** Recolección de información, en la ficha dasométrica