

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Grupo estructural de los 4 árboles

La aplicación en la práctica de índices para la caracterización estructural, depende de los objetivos de caracterización o manejo del ecosistema forestal, lo cual permite realizar una toma adecuada, asegurando que los procedimientos para obtención de la información de campo sean óptimos en tiempo y costos. (García, 2002)

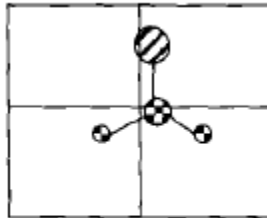


Figura 1: Muestreo del grupo estructural de los cuatro árboles

La experiencia en campo durante décadas, indica que los sitios de muestreo circulares son adecuados en bosques, cuando se trata de estimar la existencia volumétrica. Estos mismos contienen valiosa información, principalmente para el análisis de las especies. De tal forma que a partir de la información de los sitios circulares, donde se registra la ubicación de los árboles, pueden ser utilizados para inferir ciertas variables dependientes de la distancia. Teniendo el inconveniente de no definir la influencia y el producto de las relaciones de vecindad de los árboles cercanos al límite del sitio.

De acuerdo a lo anterior, existe una alternativa para obtener los índices estructurales de un ecosistema forestal arbóreo mediante el grupo estructural de los cuatro árboles, basada en la construcción de redes por medio de las equidistancias de las coordenadas x-y, partiendo de un punto inicial aleatorio. Este muestreo se fundamenta en un

procedimiento sistemático de inventario en el que los sitios de muestreo se ubican conformando una red. (García, 2002)

Las variables descriptivas de los atributos estructurales de un bosque pueden ser evaluadas a partir de la información del muestreo del vecino más cercano, ofreciendo la posibilidad de caracterizar las modificaciones estructurales que suceden en el ecosistema en tiempo y espacio al ser intervenido.

El árbol más cercano a los puntos de intersección de la red se denomina árbol-centro, y a partir de este, se toma la distancia a los tres arboles vecinos más próximos. Tomando a los individuos sus datos dendrométricos de diámetro, altura, área basal, especie. La información obtenida y procesada en gabinete permite obtener.

- El índice de mezcla de especies, distancia entre arboles, los índices de diferenciación dimensional.
- El índice de agregación de Clark & Evans
- El índice de dispersión, agrupamiento y el índice de Green para poblaciones.

1.2 Índice de diferenciación diamétrica

La diferenciación diamétrica permite describir la heterogeneidad dentro de la estructura del ecosistema, teniendo como base las relaciones dasométricas de las especies arbóreas próximas. Con lo antes señalado, la diferenciación diamétrica se define como el resultado de la relación existente entre la variable dendrométrica (diámetro) y el segundo vecino próximo es decir entre el árbol-centro y el primer vecino. (Fuldner y Gadow, 1994 mencionado por Jiménez *at al.*, 2001)

1.3 Índice de mezcla de especies

Este término fue descrito por Fuldner (1994), para el desarrollo de un muestreo estructural de cuatro arboles. Los valores van de 0 a 1, presentando solamente cuatro categorías, donde cero corresponde cuando los arboles vecinos son de la misma especie. 0.33 cuando un individuo pertenece a otra especie, 0.67 cuando dos de los tres individuos pertenecen a otras especies y toma un valor de 1 cuando los tres vecinos pertenecen a una especie diferente a la del árbol-centro. (García, 2002)

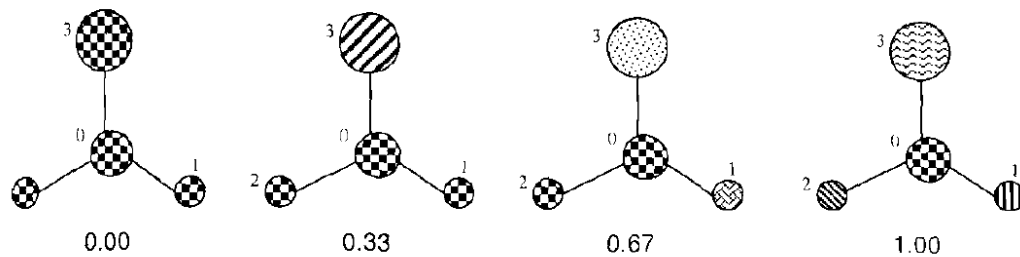


Figura 2: Constelación hipotética del índice de mezcla de especies

1.4 Abundancia, Dominancia y frecuencia de especies

Para evaluar la importancia de las especies arbóreas en la población se utiliza la abundancia, dominancia y frecuencia de las especies como medida de valoración.

La abundancia está determinada por el número de individuos por hectárea, y la dominancia como la variable de proporción de área basal. Por lo tanto la dominancia absoluta de una especie es el producto de la suma del área basal individual expresada en m^2 , la dominancia relativa proviene del cálculo de la proporción de una especie en el área basal total evaluado. (Jiménez, 2001)

La frecuencia se refiere a la existencia o la ausencia de una especie en un sitio de muestreo, la frecuencia indica el número de muestreos, en la cual una especie es encontrada y se expresa como la proporción del número total de muestras que contiene la especie en cuestión. (García, 2002)

1.5 Distribución espacial

La distribución de organismos en la naturaleza raramente es uniforme como en un huerto o cultivo. Una dispersión aleatoria, donde la posición de un individuo es completamente independiente de la posición de cualquier otro individuo en la población, se presenta en ciertas especies. (Brower et al, 1990 mencionado por Baca 2000)

La constitución y la distribución de especies pueden variar extensamente de un punto a otro, gradientes ambientales, como la humedad, drenaje, pendiente, tipo de suelo e

intensidad de la luz, influyen en el aspecto del modelo horizontal dentro de un bosque. Los ecólogos denominan a estos cambios de composición de especies a lo largo de un gradiente ambiental, una vegetación continua.

Muchos autores definen el concepto de estructura, como por ejemplo Jiménez *et al.* (2001) como el ordenamiento específico de elementos dentro de un sistema, aplicándola a la estructura arbórea que se refiere a la distribución de las características individuales dentro de un área forestal, acotando que la diversidad de especies, la distribución espacial y la diferenciación dimensional permiten definir los atributos estructurales de una comunidad vegetal.

El conocimiento de la estructura arbórea es un elemento importante en el manejo de ecosistemas, la fase inicial en los estudios de diversidad biológica es estimar la complejidad específica en el tiempo y espacio, es decir, conocer que especies o comunidades están presentes. La segunda fase resulta ser el monitoreo de esta biodiversidad, donde la función es estimar la diversidad de ciertas comunidades, para trazar las diferencias de su dinámica poblacional. (Wilson *et al.*, 1996 mencionado por García, 2002)

Las poblaciones poseen una estructura concreta y un funcionamiento ordenado de todos y cada uno de los organismos que la componen y estos a su vez en concordancia con otros grupos de individuos de la misma especie que viven en un espacio determinado. El patrón espacial de plantas y animales es una característica importante de las comunidades ecológicas, esto es lo que usualmente se observa en cualquier comunidad y por lo tanto es la propiedad más fundamental de cualquier grupo de organismos. (Baca, 2000)

Hutchinson (1953) fue uno de los primeros ecólogos en considerar la importancia de los patrones espaciales en comunidades e identificó varios factores causales que después fueron refutados por Ludwig y Reynolds (1988), identifican varios agentes causales que pueden llevar a los organismos a seguir un patrón.

1. Factores vectoriales, resultado de la acción de los factores ambientales extremos, (viento, corrientes de agua, intensidad de la luz)
2. Factores reproductivos atribuidos a la forma de reproducción de los organismos (clonación, generación de progenie)
3. Factores sociales (comportamiento territorial)
4. Factor coactivo, resultado de interacciones intra específicas (competencia)
5. Factores aleatorios, resultado de la variación de los factores antes reflejados. Así, los procesos que constituyen el patrón espacial pueden ser considerados como intrínsecos (reproducción, social y coactivo) o extrínsecos (vectorial).

Los patrones al azar en la población implica una homogeneidad ambiental o un patrón no selectivo, o bien los patrones no aleatorios muestran algunos contrastes en la existencia de la población. El patrón espacial por grupos indica que las agregaciones individuales se realizan debido a que existen partes más favorables en el hábitad. Mientras que las distribuciones uniformes son el resultado de las interacciones negativas entre individuos, como la competencia por los nutrientes y el espacio. Sin embargo, debemos tener en cuenta que la naturaleza es multifactorial y algunos procesos de interacción (bióticos y abióticos) contribuyen a la existencia de patrones, (Thomas, 1975)

La densidad aislada presenta un cuadro incompleto de como una población se distribuye en su hábitad. Es decir, dos poblaciones pueden tener la misma densidad pero presentar diferente arreglo espacial. La distribución de los miembros de una población dentro de un hábitad es referido como dispersión o distribución de patrones de una población. A su vez se refleja que el arreglo de los individuos dentro de un rodal por sitio y edad (estructura del rodal) es en parte determinado por estrategias de las especies y los disturbios en los rodales, (Brower et al, 1990)

La estructura espacial de una masa es una característica que debe considerarse para una correcta planificación de los recursos naturales. Aunque habitualmente se suele asociar con la distribución de frecuencias del número de árboles por especie y

tamaños, en muchos casos el uso exclusivo de estas distribuciones no es suficiente para describir la estructura espacial de una masa. Los ecosistemas forestales pueden responder por lo general a ciertos patrones de distribución espacial, los cuales se ubican dentro de tres formas generales de distribución de los individuos a lo largo del espacio: Aleatorio, Uniforme, Agregado.

Aleatoria.- Los individuos están distribuidos al azar dentro del espacio disponible. No existe ningún tipo de interacción entre los mismos. Donde se deben cumplir dos condiciones para poder aceptar este tipo de distribución espacial: (1) los puntos del espacio tienen la misma posibilidad de ser ocupados y (2) la presencia de un individuo en cierto punto, no afecta la ubicación de otro organismo.

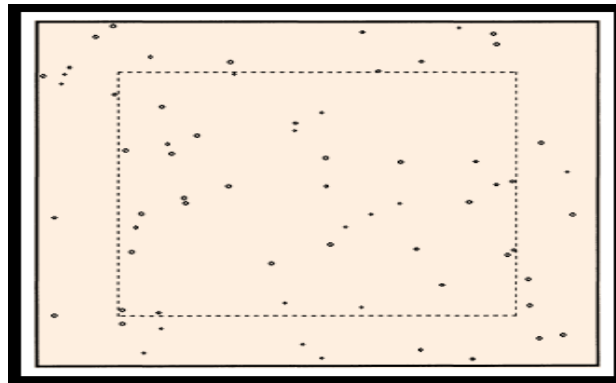


Figura 3: Patrón básico de disposición espacial de tipo aleatoria.

Uniforme.- Este tipo de distribución ocurre cuando los individuos presentan cierta tendencia a mantener entre sí una distancia próxima a la similitud. Surge como consecuencia de una repoblación o como respuesta a una fuerte competencia por alimento o espacio.

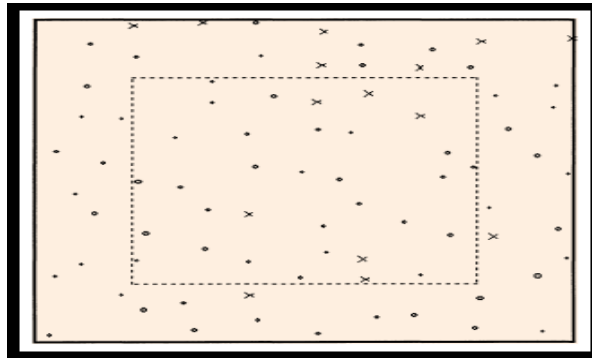


Figura 4: Patrón básico de disposición espacial de tipo uniforme.

Agregada.- Esta distribución está conformada por grupos de organismos, alternándose con espacios abiertos. Tal proceso ocurre como consecuencia de la interacción entre los individuos que componen una cierta masa forestal o bien como resultado de la ausencia de homogeneidad en el sitio, comportamiento gregario y reproductivo.

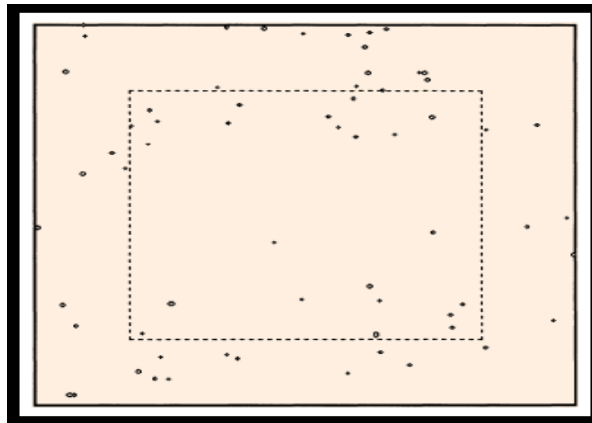


Figura 5: Patrón básico de disposición espacial de tipo agregada.

Parece claro que estos tres conceptos son más fácilmente aplicables cuando los organismos bajo estudio son sésiles, ya que los patrones espaciales son relativamente independientes del tiempo. En este caso, nos referimos a estas distribuciones como patrones de disposición espacial. La situación para organismos con alta movilidad con respecto al periodo de muestreos será diferida para otra sección. Sin embargo, los conceptos generales aquí expuestos aplican a ambas clases de organismos. Como

cabe suponer, la mayor parte de los métodos y conceptos para el estudio de la disposición espacial han sido desarrollados por ecólogos vegetales.

¿Qué factores causan un patrón determinado de disposición espacial? Como vimos anteriormente, las características de una población están determinadas por las interacciones múltiples entre factores extrínsecos e intrínsecos de la biología de los organismos. Podemos así plantear las causas para cada uno de los patrones espaciales en estos términos:

Un patrón aleatorio implica la ausencia total de interacciones entre los individuos y con el medio. Para que la probabilidad de encontrar un individuo sea la misma en todos los puntos del espacio, es necesario que todo este espacio ofrezca las mismas condiciones, lo cual no implica que estas condiciones sean favorables. Asimismo, la presencia de un individuo no debe afectar de ninguna manera la presencia de otro, es decir, los individuos no deben presentar ningún tipo de atracción o segregación, lo cual no implica que puedan ejercer alguna clase de efecto unidireccional de estas índoles sobre otras especies dentro de una comunidad.

Un patrón agregado indica la presencia de interacciones entre los individuos, o entre los individuos y el medio. Existen muchas causas probables para la formación de un patrón agregado, cuyo estudio puede ser relevante para comprender mejor la biología o ecología de los organismos o el medio bajo estudio. Si sólo consideramos factores intrínsecos, la agregación podría ser consecuencia de interacciones sociales, tales como la organización para realización de tareas como la búsqueda del alimento o la crianza. Asimismo, podría ser una consecuencia del modo reproductivo predominante en la población (baja dispersión de semillas, larvas o juveniles). Si consideramos además factores extrínsecos, la agregación podría ser una consecuencia del patrón de disposición de los recursos o los peligros en el medio: comportamientos defensivos, o aprovechamiento de parches de alta calidad y despoblamiento de zonas pobres. Estas dos clases de factores pueden igualmente interactuar de muchas formas, y afectar la trayectoria evolutiva de la población o especie a todos los niveles de organización, (Márquez, 2000)

Un patrón uniforme es el resultado de interacciones negativas entre los miembros de la población. Dado que es difícil suponer que de manera natural los recursos se dispongan equidistantes en el espacio, una disposición espacial de este tipo debe estar causada únicamente por factores intrínsecos. Dado que el espacio es finito, interacciones negativas o de segregación, tales como la competencia o el comportamiento agresivo intraespecífico parecen ser los principales agentes causales de un patrón uniforme, dado que es éste en el cual la supervivencia se maximiza y las interacciones hostiles se llevan a un mínimo, (Márquez, 2000)

1.6 Índices de distribución

La determinación de los índices estructurales no solo son propios para los individuos que conforman el ecosistema, sino también a nivel de especie o clase dimensional establecida, confiriéndoles un alto grado de versatilidad y utilidad. Existe gran cantidad de índices, los cuales permiten evaluar la estructura de especies tales como: riqueza, equitatividad, distribución espacial, similitud, perfil horizontal y vertical.

Condes et al. (1998) mencionado por García (2002), realizaron una comparación entre los índices de distribución espacial de arboles más usados en el ámbito forestal, utilizando tres grupos de índices que permiten diferenciar entre los tipos de distribución espacial:

- Índices basados en la discretización del espacio ocupado por los árboles
- Índices basados en el cálculo de distancias
- Índices basados en la mapeación de los árboles

Los índices que pertenecen al los dos primeros grupos no requieren el conocimiento de las posiciones de todos los arboles en la superficie a estudiar, sino que se pueden calcular mediante la toma de los datos sobre el terreno en el primer caso mediante el conteo de arboles y en el segundo mediante la medición de distancias entre los individuos más próximos. (Condes et al, 1998).

Según Ludwing y Reynolds (1988), mencionado por García (2002) la finalidad de los índices es conocer la distribución espacial de los organismos constituidos en una población o en un muestreo. Existen varios índices de dispersión, entre los cuales se mencionan los siguientes.

Índice de Dispersión	ID
Índice de Agrupamiento	IC
Índice de Green	IG
Índice de Clark & Evans	R

1.6.1 Índice de Dispersión (ID)

Se basa en la comparación de la varianza y la media aritmética, cuando el valor de ambas es similar, nos estamos refiriendo a la distribución Poisson, se obtiene a través de la siguiente fórmula.

$$ID = \frac{S^2}{\bar{X}}$$

Este índice se fundamenta en la comparación de dos parámetros estadísticos; la varianza (S^2) y la media aritmética (\bar{X}) donde la decisión de estos valores muestra la tendencia de la población hacia una forma específica de distribución.

1.6.2 Índice de Agrupamiento (IC)

David y More (1954) propusieron una modificación al índice de dispersión, y lo denominan índice de agrupamiento y se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{S^2}{\bar{X}} - 1 \rightarrow IC = ID - 1$$

El IC es igual a 0 cuando presentan una distribución aleatoria, 1 cuando se encuentran distribuidos de manera uniforme y n-1 cuando presentan el máximo de agrupamiento. Como era el caso para ID, el índice de agrupamiento no es muy útil como una medida

comparativa del grado de agrupamiento debido a su dependencia en n. Esta crítica es aplicable a la mayoría de las variantes de ID.

1.6.3 Índice de Green (IG)

Green en 1966, propuso una modificación del índice de agregación que es independiente del número de muestras, bajo la siguiente ecuación:

$$IG = \frac{(S^2/X)}{n - 1} - 1$$

El índice de Green, se utiliza para comparar el muestreo con la población. Los valores promedio de la muestra y el número de sitios de muestreo. Este índice oscila entre -1 (uniforme), 0 (aleatorio) y 1 (máximo de agrupamiento), Green 1966.

1.6.4 Índice de agregación de Clark & Evans (R)

Agregación es un atributo espacial, el cual describe el grado de regularidad en la distribución de la posición del individuo en el terreno. Se han descrito un gran número de índices para cuantificar y evaluar la agregación (Gadow et al, 2001). De todos ellos, el más empleado es el desarrollado por Clark & Evans (1954).

$$R = \frac{\text{distancia media obserbada entre un arbol y el individuo mas sercano}}{\text{distancia media teorica entre un arbol y el individuo mas cercano}} = \frac{\frac{1}{n} \sum_i^n r_i}{\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1000}{N}}}$$

El valor de R es igual a uno cuando la distribución de los arboles en el terreno es aleatoria y se aproxima a cero a medida que aumenta la tendencia de los arboles a agruparse en una parte del total. Valores superiores a uno indican un aumento de la homogeneidad de la distribución. Un valor de dos correspondería a una distribución sobre el terreno según una malla cuadrada y el valor máximo posible se alcanza cuando la distribución de los árboles en el terreno es el tres bolillo, es decir según una malla de triángulos equiláteros (Gadow y Hui, 1998)

CAPÍTULO II

MATERIALES Y METODOS Ó METODOLOGÍA

2.1 Descripción del área de estudio

Ubicación.- El río Tolomosa es uno de los principales afluentes del río Guadalquivir y es el único río regulado de la cuenca el río Bermejo. Se ubica al sur oeste de la ciudad de Tarija y tiene sus nacientes en la cordillera de Sama. Nace con el nombre de río Calderillas con un recorrido de sur a norte en la parte alta de la cordillera, hasta llegar a la comunidad de Sola, donde adquiere este nombre y cambia de dirección hacia el este, hasta la confluencia del río Pinos desde donde toma el nombre de río Tolomosa, el cual después de un recorrido de aproximadamente 7 Km llega al embalsé de San Jacinto.



Figura 6: Cuenca de los ríos Tolomosa y La Victoria

La cuenca de río Tolomosa hasta la sección del aforo de San Jacinto tiene un área de 436.8 Km². Gran parte de la cuenca se encuentra en la cordillera de Sama, distinguiéndose claramente un sector constituido por grandes conos aluviales y otro por sedimentos lacustres.

2.2. Características biofísicas

2.2.1. Aspectos físico naturales

El área se caracteriza por la deposición de sedimentos fluvio glaciares y morreicos en las zonas altas, sedimentos coluvio- aluviales en las partes bajas por arrastre desde los relieves más altos. Existen inclusiones de llanuras aluviales, depresiones, terrazas y bofedales. El pie de monte está constituido por materiales coluvio- aluviales, con texturas de franco arcillo arenosas a franco limosas con cantidad de fragmentos gruesos.

Las llanuras presentan depósitos fluvio lacustres, aluviales y fluvio glaciares. Las pendientes varían de 0% a 10%, sin afloramientos rocosos, escasa pedregosidad superficial. Constituidas por materiales no consolidados de origen sedimentario como arcillas y limos con escaso material grueso.

2.2.2. Clima

El clima de la cuenca del río Tolomosa es templado a sub húmedo. La lluvia se presenta de noviembre a marzo siendo casi nulas de mayo a septiembre. La precipitación presenta diferencias dependiendo de su ubicación respecto a la cordillera de Sama pero se tiene una media anual de 1031mm de altura de precipitación.

El periodo seco es de mayo a septiembre, los caudales mínimos se presentan en septiembre y octubre. La temperatura media anual es de 18°C en las partes bajas de la llanura y de 13°C en la parte media de la serranía, la ocurrencia de heladas va desde los meses de abril a septiembre, el granizo se presenta en noviembre y diciembre.

2.2.3. Vegetación natural

La ubicación y características de la cuenca del río Tolomosa, favorecen la presencia de diferentes especies vegetales. De acuerdo con Cabrera (1971), la vegetación de la cuenca del río Tolomosa forma parte de la formación fitogeográfica andino chaqueño de la parte superior de la formación tucumano-boliviano. Las partes altas están representados por el género de *Polylepis* que se presentan dispersas en cañones y

valles formando pequeños bosques. *Eupatorium* y *baccharin* formando arbustales de diferente cobertura en laderas. Además pajonales de los géneros *Deyuxia*, *Eliuxia*, *Elyunorus*, *Estipa* y *Aristida*.

Además están presentes los géneros *Alnus*, *Podocarpus* y varias especies arbustivas Mirtáceas, formando parte de los bosques húmedos nublados montanos a partir de los 2050 msnm. En el pie de monte y llanuras se caracterizan los géneros de *acacia*, *prosopis* formando matorrales con algunos árboles emergentes de la zona del valle.

2.2.4 Medio económico social

La zona donde se realizó el trabajo tiene la vocación netamente agropecuaria, la actividad económica gira en torno a este rubro. La actividad agrícola y ganadera en menor proporción y es el principal sustento de las familias del lugar y de la generación de ingresos económicos, (Brezo, Crespo, 2004)

2.3 Descripción de los tres tipos de bosque del trabajo a realizar

Para efectos del presente trabajo en la cuenca del río Tolomosase realizaron los muestreos del grupo estructural de los cuatro arboles para la determinación de los índices de distribución espacial en los siguientes tipos de bosques:

Cuadro 1: Tipos de bosque donde se realizaron los muestreos

Símbolo	Tipo de bosque	Área (has)	Localización
1A3c	Bosque denso a ralo mayormente siempre verde semideciduo montano	908	Subcuenca del Río Molino y San Andrés
2A3c	Bosque ralo a semidenso mayormente siempre verde semideciduo montano	115	Comunidad Calderilla Chica (sector sur)
2B3c	Bosque ralo a semidenso mayormente caducifolio semideciduo montano	68	Comunidad de Calderilla Chica (sector norte)

Fuente: Atlas Ecotemático de la cuenca río Tolomosa primera edición, 2007

1A3c Bosque denso a ralo, mayormente siempre verde, Semideciduo Montano

Se encuentra formando fajas angostas a lo largo de valles estrechos, en la parte baja de las laderas, en fondos de valles y en terrazas aluviales de ríos y quebradas, ubicándose en los paisajes de pie de monte fluvio glacial, especialmente en las cabeceras, con exposición sur y sudeste, dentro del piso ecológico montano, con clima frío semihumedo. La superficie de esta unidad es de 908 ha (2.1 %).

Es un bosque bajo de cobertura variable, generalmente denso a ralo (20 a 80 %), rico en especies. Las especies más características y dominantes son el Pino del cerro (*Podocarpusparlatorei*; *pilger*) y el Aliso flojo o Aliso chato (*Myricapubescens*; *Wild*). El estrato arbustivo y herbáceo es ralo, rico en latifoliadas, forvias y gramíneas, con especies endémicas y otras registradas donde destacan: dominguillo (*Radia sp*), espinillo (*Durantaserratifolia*; *Griseb, Kunze*), thola (*Eupatoriumbunnifolium*; *Hooker e Arnott*), thola grande (*Baccharisdracunculifolia*; *de Candolle*) y otras.

El estrato herbáceo de caracteriza por la presencia de varios pastos (*Evagrostissp*), pasto montano (*Ichnantussp*), pasto bandera (*Oplismenushirtellus*; *Beauv*), hierba (*Diodasp*), epifitas como la sachá (*Tillandsiausnoide*; *Ripsalis*). En sitios de mayor altitud y mas húmedos, está asociado a las Queñuas (*Polylepissp.*), aliso blanco (*Alnusacuminata*; *H.B.K.*), chirimolle (*Schinusandinus*; *Engl; I.M.J.*) y otras determinadas en la muestra.

Al ser las únicas masas boscosas y a pesar de la poca accesibilidad, han sido destinadas, no solo al uso silvopastoril (con bovinos y extracción de leña sb-EVI), sino también al pastoreo extensivo con ganado mixto (GE-mx).esta forma de uso a determinado la alteración de la composición florística de los bosques, con el consiguiente deterioro de las condiciones ecológicas. La proliferación de especies anuales más resistentes a las nuevas condiciones, cada vez más séricas, han provocado casi la desaparición de estos bosques en sitios como Pinos Norte, Pinos Sur y San Pedro de Sola. (Atlas Ecotemático de la cuenca rio Tolomosa primera edición, 2007)

2A3c Bosque ralo a semidenso, mayormente siempre verde. Semideciduo, montano

Este bosque está formado predominantemente por especies del género *Polylepis*, conocido localmente como queñua, tiene alta distribución en la zona montañosa de los Andes Bolivianos. En la cuenca se presenta en forma dispersa en sitios encajonados muy localizados de laderas con exposición generalmente opuesta a la localización del Aliso blanco y Pino del serró. Se encuentran con mayor frecuencia a partir de los 2750 msnm, ubicándose entre el piso montano a subalpino con clima frío semihumedo. El género *Polylepis* forma un bosque generalmente ralo y bajo.

La masa boscosa está formada por especies predominantes de Queñua (*polylepis Crista-gall; Bitter, Polylepissp*). Se observan brinzales muy aislados del género *Polylepis* en laderas con exposición sur y este, presentándose también Aliso blanco (*Alnusacuminata; H.B.K.*). En las partes más altas, en contacto con los pajonales, se encuentra el chirimolle (*Schinusandinus*). En el estrato arbustivo y herbáceo son más abundantes la chilca (*Jungiapolita; Griseb*), tholilla hoja dentada, brillante (*Bacchrissp*), paja (*Deyeuxiasp*), pasto cebollin (*Cyperus sp4* y *Stevia sp3*), mirña (*Saturejaparviflora; Phill-Epling*) y otros.

Los árboles de Queñua son perennifolios (ver anexo 1), pequeños de 4 a 7 metros de altura. Ocasionalmente se encuentran hasta de 10 metros. A pesar de la poca accesibilidad, están sometidos a una constante proceso de alteración y degradación, por estar sometidos a uso silbopastoril con extracción de leña (S-EVI) y pastoreo extensivo de ganado bovino y ovino.

Esta forma de uso ha provocado la desaparición de estos bosques en muchos sitios como en Calderilla Grande, existiendo actualmente pocos ejemplares. A comienzo de siglo (1911) citado por Beck (1999) observo que bosques del género *polylepis* se encontraban solamente en ligares protegidos de valles y quebradas. (Atlas Ecotemático de la cuenca río Tolomosa primera edición, 2007)

2B3c Bosque ralo a semidenso, mayormente caducifolio, semidecduo, montano

Se localiza alrededores de Calderilla Chica, especialmente en el sector norte, formado principalmente por aliso (*AlnusAcuminata; H.B.K.*). Se presenta en el piso superior de los bosques montanos húmedos del subandino. En la cuenca, se encuentra en sitios de laderas erosionadas y escarpadas a muy escarpadas, húmedos con exposición sur a sudeste. Son los bosques que se encuentran a una mayor altitud por su ubicación en los pisos ecológicos montanos a subalpino, con clima frío semihúmedo a muy frío húmedo. Estos bosques se encuentran en la zona donde comienza la mayor concentración de humedad por la intercepción orográfica de masas de aire húmedo, formación de neblina y nubes estacionarias.

Son bosques bajos (< a 10 metros de altura), encontrándose ejemplares con alturas > a 10 metros de cobertura rala a muy rala en sitios muy intervenidos o alterados. La especie dominante es el aliso (*AlnusAcuminata; H.B.K.*). Acompañan la Queñua (*Polylepissp*), el Espinillo (*Durantaserratifolia: Griseb*). El estrato arbustivo y herbáceo tiene la apariencia de pajonal con predominio de paja (*Deyuxiasp*), sebadilla (*festuca sp1*), tholachiqui (*Tillandsiausnoides; Ripsalis*). En general los bosques de aliso tienen menor riqueza florística de pino de serró y Queñua.

Estos bosques se encuentran muy alterados por el uso silvopastoril, con bovinos, ovinos y caprinos en los matorrales de ladera y por la extracción de leña y pastoreo extensivo del ganado. (Atlas Ecotemático de la cuenca río Tolomosa primera edición, 2007)

2.4 Localización del área

La comunidad de Calderilla Chica se localiza en la parte suroeste de la ciudad de Tarija, en la parte alta de la cuenca del río Tolomosa. Para llegar a la comunidad no existe un camino carretero que llegue hasta el lugar. Existen dos rutas para llegar la primera es por el camino hacia Pinos Sur en movilidad con un recorrido aproximado de 45 minutos en movilidad. Y de ahí se toma un camino de herradura muy empinado con un recorrido de 5 horas a pie hasta llegar a la comunidad.

La otra ruta es por las lagunas de Taxára, se toma la carretera hacia Villazón hasta llegar a las lagunas con un recorrido de 2 horas y bajar hasta la comunidad de Calderillas Grande hasta este lugar existe camino carretero, de ahí se toma un camino de herradura hasta llegar a Calderillas Chica con un recorrido de 1 hora.

La comunidad de San Pedro de Sola se localiza al oeste de la ciudad de Tarija por la carretera a San Andrés con un recorrido de 30 minutos en movilidad al lado del albergue.

2.5 Método de muestreo

De acuerdo a los objetivos plateados, recursos económicos y metodología propuesta se definió realizar el muestreo denominado grupo estructural de los cuatro árboles para la estimación de los parámetros estructurales.

Partiendo de un punto inicial principalmente en laderas y quebradas donde se encuentra la vegetación se tomo una línea y haciendo un transecto se fueron colocando parcelas cuadradas de 20 metros a cada 20 metros de distancia entre parcelas, el número de parcelas colocadas fue en función de la distancia permitida del transecto pudiendo entrar n parcelas.(ver anexo 1)

Cada parcela se subdividió en cuatro partes de 10 metros, y en cada intersección o vértice de la parcela, el árbol más próximo a estos puntos se le denomina árbol-centro y partiendo de este, se determina la distancia de los tres arboles más cercanos, formando el grupo estructural de los cuatro árboles. En cada parcela como se dividió en cuatro partes iguales, se obtendrán en total 9 intersecciones o vértices en total.

Los datos que se determinaron de las especies arbóreas en el muestreo son:

- Especie
- Distancia
- Diámetro
- Altura

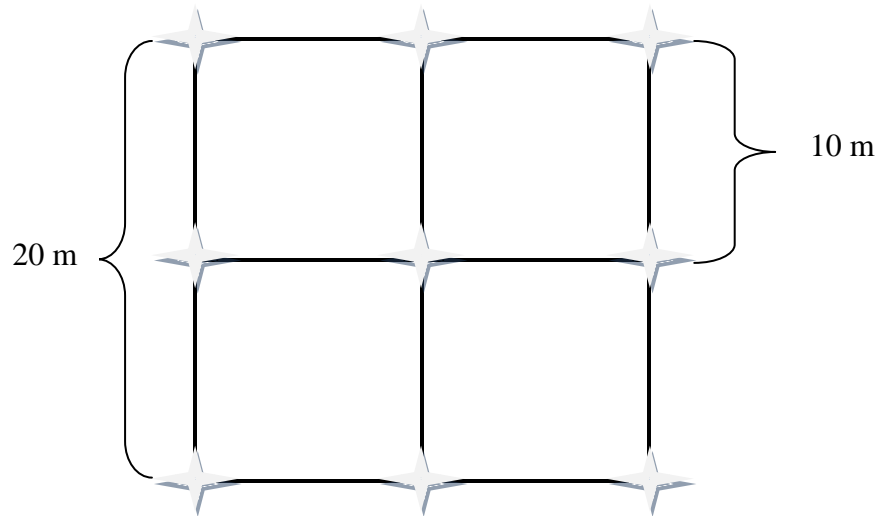


Figura 7: Tipo de parcela con sus respectivos vértices para realizar el muestreo

El resultado del muestreo permitió conocer el número de individuos para cada especie por hectárea (n/ha). El área basal por hectárea (g/ha), área basal por especie (g) y número totales por hectárea. Se clasificaron como especies arbóreas a todos aquellos individuos cuyo diámetro sea mayor o igual a 5 cm. Esto se justifica al ser un muestreo más ecológico que comercial.

2.6 Abundancia, dominancia y frecuencia

Tomando como base que la abundancia, dominancia y frecuencia son parámetros que le dan valor a las especies en la población, se definió que la abundancia fuera determinada por el número de individuos por hectárea y la dominancia como la variable de proporción del área basal. A su vez la frecuencia se conforma en base a los datos de las especies presentes en el inventario de los sitios de muestreo de los cuatro árboles. Los resultados obtenidos del muestreo, se estimaron bajo las siguientes ecuaciones.

Abundancia.- para realizar los cálculos de densidad de árboles por hectárea se debe sacar el promedio de la distancia del punto centro hacia cada individuo. El cálculo es el siguiente: (ver anexo 5)

$$Dh = \frac{10000}{(\bar{D})^2}$$

Donde:

Dh = densidad por hectárea

D = distancia promedio

Dominancia.-Donde el indicador es el área basal por hectárea, el cálculo es el siguiente: (ver anexo 5)

$$AB_{ha} = \pi \left(\frac{D^2}{4} \right) * Dh$$

Donde:

AB_{ha} = área basal por hectárea

D = Diámetro promedio a la altura de 1.30 m.

Dh = Densidad de árboles por hectárea

Frecuencia.- El indicador es el porcentaje de sitios de muestreo, donde la especie (e_i) esté presente. (ver anexo 5)

$$Fi = mFi_{rel} = \frac{m_i}{M}$$

Donde:

m = frecuencia de la especie i en los sitios de muestreo

M = número total de muestras

2.7 Índice de diferenciación dimensional (TD)

La diferenciación dimensional o diamétrica permite describir la estructura del ecosistema, teniendo como base las relaciones próximas de las demás especies arbóreas. Este índice se refiere a la relación existente entre el diámetro ($d_{1.3}$) para un árbol dado i ($i= 1 \dots n$) y sus n próximos vecinos j ($j= 1 \dots n$) y se define por el cociente entre el diámetro del árbol más pequeño y el correspondiente del árbol mayor. (Fuldner, 1994 mencionado por García, 2002)

$$TD = 1 - \frac{D - menor}{D - mayor}$$

Donde:

TD = diferenciación diamétrica

D-menor = diámetro menor

D-mayor = diámetro mayor

Para evaluar la distribución de los valores del índice de diferenciación diamétrica (TD), fueron divididos en cinco grupos (débil, moderado, medio, fuerte, y muy fuerte). Los valores posibles de TD van de entre 0 y <1 de tal forma que un valor de TD= 0 supone que el diámetro entre ambos árboles vecinos no presenta diferenciación alguna o son similares, en contra parte para el caso de un TD= 0.8 el diámetro del árbol es menor, es decir de 80% mayor que el menor grosor. La distribución de los valores del índice se puede calcular para la masa considerada como un todo o para subpoblaciones que puedan tener interés especial. (Ver anexo 6)

2.8 Índice de mezcla de especies(DM)

Este índice toma valores de 0 a 1, presentando solamente cuatro categorías, donde cero corresponde cuando los arboles vecinos son de la misma especie, 0.33 corresponde cuando un individuo pertenece a otra especie, 0.67 es cuando dos de los tres individuos pertenecen a otras especies y 1 cuando los arboles vecinos son de diferente especie. (ver anexo 6)

$$DM = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (1 - V_{ij})$$

Donde:

$V_{ij} = 0$, j'avo vecino pertenece a la misma especie

$V_{ij} = 1$, j'avo vecino pertenece a otra especie

2.9 Análisis de distribución espacial

Un promedio es un valor típico o representativo de un conjunto de datos. Como tales valores suelen saturarse hacia el centro el conjunto de datos ordenados por magnitud, los promedios se conocen como medidas de tendencia central. Se definen varios tipos, siendo los más comunes, la media aritmética: conjunto de números $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, se denota por \bar{X} y se define por: (ver anexo 7)

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i n_i}{\sum n_i}$$

La varianza de un conjunto de datos se define como el cuadrado de la desviación típica y viene dado en consecuencia por S^2 en la siguiente ecuación:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 n_i}{\sum n_i}$$

Como primer paso en el presente trabajo, se determino la frecuencia de los individuos de cada especie por sitios de muestreo, es decir, debido a que cada sitio de muestreo estaba constituido de 4 individuos. Los valores variaban desde cero hasta cuatro, donde cero correspondía a la ausencia del individuo de una determinada especie en el sitio de muestreo, mientras que un valor de cuatro indicaba, que los 4 individuos presentes en un sitio de muestreo pertenecen a la misma especie.

2.10 Índices de distribución espacial

En el desarrollo del procedimiento analítico se establecerán indicadores (índice de dispersión, agrupamiento, de Green y el de Clark & Evans). Y distribuciones probabilísticas (Poisson, binomial negativa). (ver anexo 8)

2.10.1 Índice de dispersión (ID)

Se basa en la simple comparación de la varianza y la media. Si el valor de los parámetros estadísticos es similar, se refiere a una distribución Poisson. Si el valor corresponde a cero la distribución es uniforme; uno es aleatoria y agrupada cuando el valor es mayor que uno. Se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$ID = \frac{S^2}{\bar{X}}$$

2.10.2 Índice de agrupamiento (IC)

David y Moore (1954), propusieron una modificación al índice de dispersión, y lo llamaron Índice de Agrupamiento. Se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{S^2}{\bar{X}} - 1 \rightarrow IC = ID - 1$$

El IC es igual de 0 (cero) cuando presentan una distribución aleatoria, 1 (uno) cuando se encuentran distribuidos de manera uniforme y n-1 cuando presentan el máximo agrupamiento.

2.10.3 Índice de Green (IG)

Es usado para comparar el muestreo con la población. Los promedios de la muestra y el número de sitios de muestreo. Sus valores oscilan entre -1 (uniforme), 0 (aleatorio) y 1 (máximo agrupamiento), la formula es:

$$IG = \frac{(S^2/\bar{X})}{n - 1} - 1$$

2.10.4 Índice de agregación de Clark & Evans (R)

Describe el grado de regularidad en la distribución de la Poisson de los individuos en el espacio. Su valor se obtiene como el cociente entre la distancia media entre cada

árbol y su vecino más cercano y la distancia teórica. Sus valores oscilan entre uno (aleatoria), cero (agrupados), y mayores a uno > 1 (homogeneidad de la distribución).

$$R = \frac{\text{distancia media observada entre un árbol y el individuo más cercano}}{\text{distancia media teórica entre un árbol y el individuo más cercano}} = \frac{\frac{1}{n} \sum_i^n r_i}{\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1000}{N}}}$$

Donde:

r_i = la distancia desde el árbol i hasta su vecino más cercano (m).

N = numero de arboles por hectárea.

n =numero de arboles en la parcela.

2.11 Distribuciones probabilísticas discretas

2.11.1 Distribución de Poisson

Para una población de organismos distribuidos de manera aleatoria, el modelo de Poisson de las probabilidades para el número de individuos por unidad de muestreo, bajo las siguientes condiciones: (1) cada unidad de muestreo natural tiene la misma probabilidad de tener a un individuo, (2) la ocurrencia de un individuo en la unidad de muestreo no influye en su ocupación por otro, (3) cada unidad de muestreo esta igualmente disponible para cualquier individuo, y (4) el número de individuos por unidad de muestreo es relativamente bajo para la máxima posibilidad que podría ocurrir en el sitio de muestreo. Para conocer estas probabilidades, se requiere realizar una estimación del promedio del número de individuos por unidad de muestreo (u).

Los pasos en este procedimiento son:

1.- Hipótesis: El número de individuos por unidad de muestreo pertenece a una distribución de Poisson. Si esta hipótesis se acepta, se concluye que la población se dispersa en forma aleatoria. Si la hipótesis se rechaza, la dirección del modelo no es aleatoria.

2.- Frecuencia de Distribución (Fx): Se resume los datos de la muestra, que consisten en el número de individuos por unidad de muestreo, como una distribución de frecuencias.

3.- Probabilidades de Poisson $P(x)$: La probabilidad de encontrar individuos en una unidad de muestreo, esto es, $P(x)$, donde $X= 0, 1, 2, 3 \dots r$ individuos;

$$P(x) = \frac{(u^x \times e^{-u})}{x!}$$

Donde e es la base del logaritmo natural (2.7183) y $x!$ es el factorial de x . La media (u) es el único parámetro en el modelo de Poisson. Para estimar u , la x es a través del promedio del número de individuos por unidad de muestreo. Usando la x , las probabilidades de $x= 0, 1, 2, 3 \dots r$, individuos por unidad de muestreo son:

$$P(0) = e^{-x}$$

$$P(1) = \frac{(x)^1 \times e^{-x}}{1!}$$

$$P(2) = \frac{(x)^2 \times e^{-x}}{2!}$$

$$P(r) = \frac{(x)^r \times e^{-x}}{r!}$$

4.- Las frecuencias esperadas de Poisson, (Ex) : El modelo de Poisson es una distribución de probabilidad, y cuando cada probabilidad se multiplica por el número total (n) de las unidades de muestreo, el número esperado de dicha unidad de muestreo será $0, 1, 2 \dots r$ individuos puede determinarse. Así permitiendo (Ex) , represente las frecuencias esperadas de $x= 0, 1, 2 \dots r$ individuos por unidad de muestreo, tenemos:

$$E_0 = (n) \times P(0)$$

$$E_1 = (n) \times P(1)$$

$$E2 = (n) \times P(2)$$

$$E3 = (n) \times P(3)$$

$$Er = (n) \times P(r)$$

5.-prueba estadística de Chi-cuadrado X^2 : la prueba X^2 es usada para determinar las frecuencias observadas (F_x , paso 2) comparar las frecuencias esperadas (E_x , paso 4). La prueba estadística X^2 se conoce con la siguiente fórmula:

$$X^2 = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(F_x - E_x)^2}{E_x} \right]$$

Donde:

F_x = frecuencias observadas.

E_x = frecuencias esperadas

Esta prueba estadística es comparada con la tabla de probabilidades X^2 con los grados de libertad $q - 2$ (recalcando que $q = r + 1$). Si la prueba estadística de X^2 es mayor que X^2 tabulada (por ejemplo al 0.5%), se concluye que es improbable que la distribución de frecuencias sea una serie de Poisson y se rechaza la hipótesis nula. (ver anexo 8)

2.11.2 Distribución Binomial Negativa

El modelo binomial negativa: es una de las distribuciones de probabilidad más utilizada cuando los individuos del ecosistema tienden a presentar grupos de individuos alternados con espacios abiertos. Cuando se emplea la distribución de Poisson deben cumplirse dos condiciones:

- 1) Cada unidad de muestreo presenta la misma posibilidad de tener cualquier individuo.
- 2) La presencia de un individuo en la unidad de muestreo no debe influir en la ubicación de otro organismo.

Cuando alguna de estas dos condiciones no se cumplan existe la probabilidad de una distribución agrupada o uniforme.

La distribución binomial negativa tiene dos parámetros.

- 1.- u el promedio del número de individuos por unidad de muestreo
- 2.- k un parámetro que se relaciona con el grado de agrupamiento

Los pasos en la prueba de acuerdo a la frecuencia observada de distribución binomial negativa se presenta a continuación:

1.- La hipótesis a ser probada en este tipo de distribución es que el número de individuos por unidad de muestreo sigue una distribución binomial negativa y no una distribución aleatoria, pero que exista el modelo de agrupamiento de los arboles. No rechazando esta hipótesis, el ecólogo puede tener un modelo empírico bueno para describir la frecuencia de los datos observados; esto no implica cuales son las causas que están debajo de los factores que podrían ser responsables para el modelo. (Badii et al., 1994)

2.- La distribución de frecuencias: El número de individuos por unidad de muestreo se resume con una distribución de frecuencia, que es el número por unidad de muestreo 0, 1, 2, ... r individuos.

3.- Las probabilidades de la distribución binomial negativa $P(x)$: La probabilidad de encontrar los individuos x por unidad de muestreo, se presenta en la siguiente fórmula general:

$$P(x) = [u/(u + k)]^x \{(k + x - 1)! / [x! (k - 1)]\} [1 + (u/k)]^{-k}$$

El parámetro u se estima del promedio de la muestra (x). El parámetro k es una medición del grado de agrupamiento y tiende hacia el cero como máximo agrupamiento. La estimación de k se obtiene usando la siguiente fórmula:

$$K = \frac{(x)^2}{s^2 - x}$$

Donde:

X = media de la distribución de especies

S^2 = varianza de la distribución de especies

Una vez que se obtienen los dos valores estadísticos, tanto la x y k , las probabilidades de encontrar a los individuos de x en una unidad de muestreo, es decir, $P(x)$, donde $x= 0, 1, 2, 3 \dots r$ individuos, se obtiene de la siguiente manera:

$$P(0) = \left[1 + \frac{x}{k}\right]^{-k}$$

$$P(1) = \left[\frac{x}{(x+k)}\right] \left[\frac{k}{1}\right] P(0)$$

$$P(2) = \left[\frac{x}{(x+k)}\right] \left[\frac{(k+1)}{2}\right] P(1)$$

$$P(3) = \left[\frac{x}{x+k}\right] \left[\frac{(k+3-1)}{3}\right] P(2)$$

$$P(r) = \left[\frac{x}{x+k}\right] \left[\frac{(k+r-1)}{r}\right] P(r-1)$$

4.- La frecuencia esperada de binomial negativa (Ex): como se realizó para el modelo de Poisson, el número esperado de sitios de muestreo contiene x individuos y se obtiene multiplicando cada una de las probabilidades por (n) , el número total de unidades de muestreo.

5.- La prueba estadística de Chi-cuadrado X^2 : El resultado de la prueba estadística de X^2 se compara con la tabla de probabilidades de X^2 con $q - 2$ (parámetros) -1 grados de libertad. (ver anexo 8)

2.12 Método gráfico para la distribución de las especies

Como una manera de corroborar el tipo de distribución espacial que presentan los diferentes tipos de bosques. Se decidió realizar un levantamiento de datos en parcelas cuadradas de 50 metros de todos los individuos tomando las distancias en un eje de coordenadas tanto para el eje de abscisas y para el eje de ordenadas. Con esto se

obtuvo la distribución de las especies de manera grafica y directa. Se levantaron dos parcelas por tipo de bosque

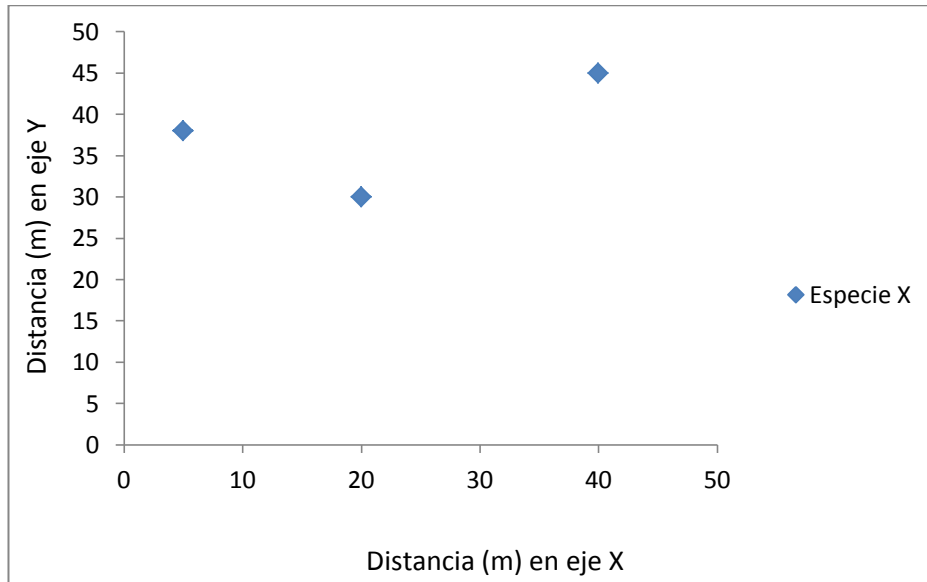


Figura 8: Diagrama para realizar el metodo grafico de ubicación de las especies

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Bosque denso a ralo mayormente siempre verde semideciduo montano (1A3c)

Este tipo de bosque se encuentra ubicado en la subcuenca del río Molino en la comunidad de San Pedro de Sola.

En el cuadro 2 se observan los datos dasométricos de la población del bosque 1A3c, dichos datos se desplegaron de forma tal que las especies presentes, dan la posibilidad de inferir sobre la densidad y el porcentaje de las especies arbóreas, de tal forma que la especie pino del cerró presenta un valor superior con respecto al número de individuos por hectárea, con 4792.8 representando un 70.8% de abundancia relativa. Y de manera descendente se encuentran el guayabo con 701.9 arb/ha, representando un 10.4%, el aliso con 690.8 arb/ha, representando el 10.2%, el espinillo con 471.2 arb/ha, representando un 7%, y el duraznillo con 110.4 arb/ha, representando un 1.6% de abundancia relativa.

En lo referente a la dominancia observando los resultados del área basal el valor superior es de la especie pino del cerró con 35.1 m^2 , lo que nos da un 80.3% de dominancia relativa, esto se debe a que esta especie tiene un alto valor de número de individuos por hectárea y no precisamente a su diámetro medio 9.7 cm, ya que este es similar a las otras especies. Consecuentemente están las especies de aliso con un 7.8%, guayabo con 5.5%, espinillo con 5.3%, y duraznillo con 1.1% de dominancia relativa, la especie de pino del cerró ocupa el primer lugar en cuanto a dominancia y abundancia se refiere.

El rango de variación de la altura y el diámetro de la población (Sh% y Sd%), del muestreo de los cuatro de árboles es Sh%=30.7 y Sd%=40.4 lo cual indica variabilidad en los resultados.

Cuadro 2: Datos dasométricos para el muestreo del bosque1A3c

Especie	N/ha		G/ha (m ²)		Altura (m)				Diametro _{1,3} (cm)			
	abs.	rel%.	abs.	rel%.	h	Sh%	min	max	d _{1,3}	Sd%	min	Max
Aliso	691.8	10.2	3.4	7.8	5	29.9	3	9	8	33.2	4	15
Duraznillo	110.4	1.6	0.5	1.1	5.8	33.4	3	9	7.7	22.7	5	10
Espinillo	471.2	7	2.3	5.3	5	37	2	10	8.1	45.9	4	25
Guayabo	701.9	10.4	2.4	5.5	4	45.7	2	10	6.6	32.8	4	15
Pino de cerró	4792.8	70.8	35.1	80.3	6.8	23.4	2	10	9.7	39.1	4	26
Total	6768.1	100	43.7	100	6.2	30.7	2	10	9.1	40.4	4	26

Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Análisis de la abundancia, dominancia y frecuencia

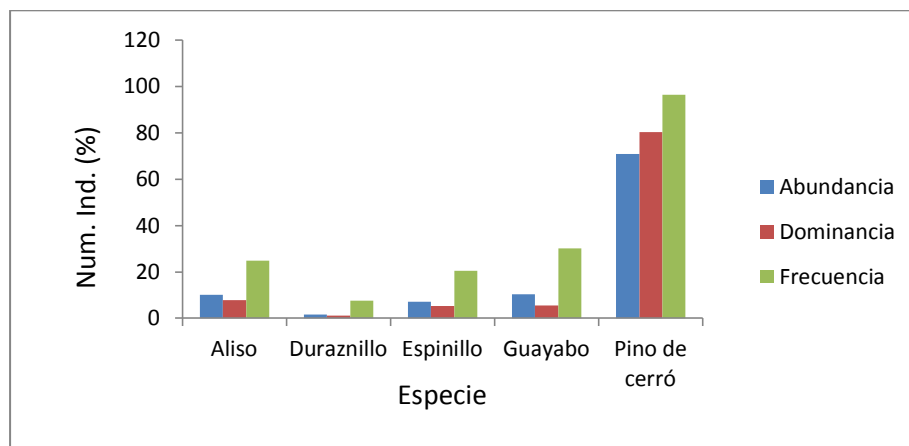
Las poblaciones no existen aisladas en la naturaleza, forman parte con otras poblaciones estructurales en una misma área, las interacciones entre especies de las poblaciones forman una asociación cuyo grado se define por los parámetros abundancia, dominancia y frecuencia. En el cuadro 3 se muestran las especies en los sitios de muestreo es decir la frecuencia, además de los valores relativos de abundancia y dominancia.

Cuadro 3: Abundancia, dominancia y frecuencia del muestreo

Especie	Abundancia %	Dominancia %	Frecuencia %
	muestra	muestra	muestra
Aliso	10.2	7.8	24.89
Duraznillo	1.6	1.1	7.56
Espinillo	7	5.3	20.44
Guayabo	10.4	5.5	30.22
Pino de cerró	70.8	80.3	96.44

Las especie Pino de cerró tiene la mayor abundancia y dominancia debido a su alto número de individuos por hectárea, la especie guayabo ocupa el segundo lugar en abundancia, pero está en tercer lugar en dominancia, esto debido a que tiene una gran cantidad de individuos por hectárea pero con dimensiones diamétricas menores.

Figura 9: Abundancia, dominancia y frecuencia para el muestreo



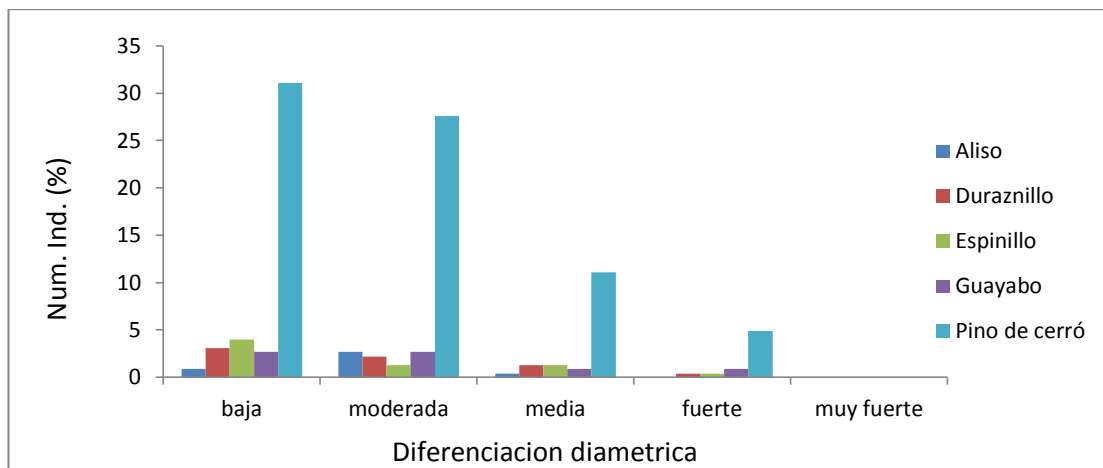
3.1.2 Índice de diferenciación diamétrica (TD)

En el cuadro 4 se muestra la distribución de los valores referentes al índice de diferenciación diamétrica, el cual presenta 5 grupos de diferenciación a nivel de especies, donde el 51.5% de los arboles-centro se ubican en el rango de moderado y medio, el 41.8% de los arboles-centro se ubican en la categoría de baja, y tan solo un 6.6% en la categoría de fuerte, por lo que se considera que solo un 6.6% de los individuos muestran una gran diferenciación diamétrica, mientras que el 93.3% indica que es un bosque regular en cuanto a la superficie ocupada por los individuos sobre el terreno. No se obtuvieron valores en la categoría de muy fuerte.

Cuadro 4: Diferenciación diamétrica (TD)

Índice de diferenciación Diamétrica						
Especie	baja 0.0-0.20	moderado 0.21-0.40	medio 0.41-0.60	fuerte 0.61-0.80	Muy fuerte 0.80-1	Total 100%
Aliso	0.9	2.7	0.4	0	0	4
Duraznillo	3.1	2.2	1.3	0.4	0	7.1
Espinillo	4	1.3	1.3	0.4	0	7.1
Guayabo	2.7	2.7	0.9	0.9	0	7.1
Pino de cerró	31.1	27.6	11.1	4.9	0	74.7
Total	41.8%	36.5%	15%	6.6%	0%	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Diferenciación diamétrica (TD)

3.1.3 Índice de mezcla de especies (DM)

La base de definición de este índice, es la relación que guardan los tres individuos vecinos con respecto a la similitud específica con el árbol-centro, dentro de la metodología del muestreo estructural de los cuatro árboles. En el cuadro 5 se muestra que el 2.6% de los sitios de muestreo están tipificados con el valor *DM* igual a 1, infiriendo que de cada tres vecinos del árbol-centro pertenece a una especie distinta y

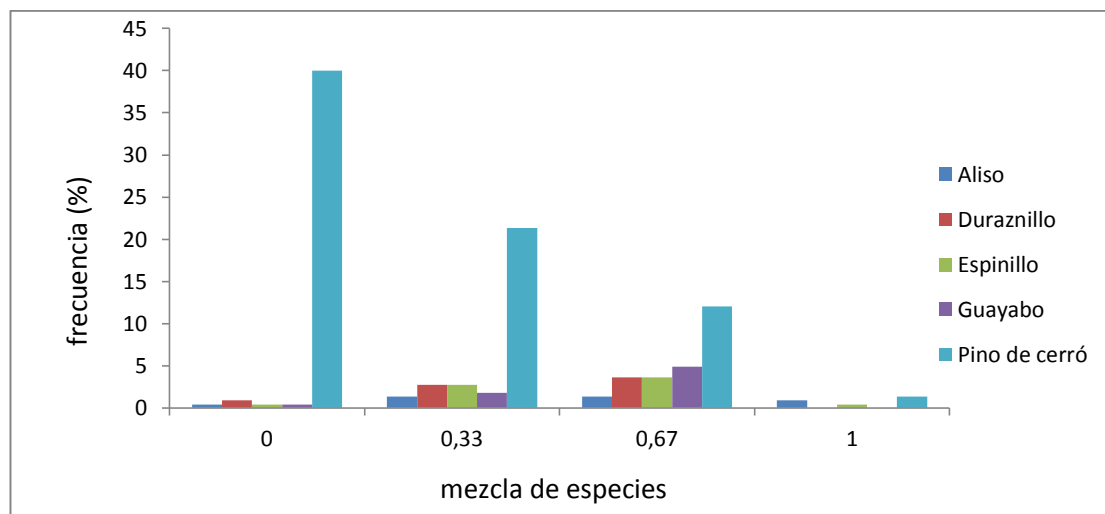
un 29.8% de los sitios de muestreo reflejan que uno de los vecinos del árbol-centro pertenecen a otra especie, y un 25.4% se encuentra en el rango de 0.67, donde dos de los tres individuos vecinos pertenecen a diferente especie. El 42.1% de los sitios de muestreo están tipificados con el valor *DM* igual a 0, lo que implica que de cada tres vecinos, el árbol-objeto pertenece a la misma especie del árbol-centro, es decir que 42.1% de los sitios de muestreo estaban conformados por grupos de árboles de la misma especie.

Cuadro 5: Mezcla de especies (DM)

Índice de mezcla de especies					
Especie	0.0	0.33	0.67	1.0	Total 100%
Aliso	0.4	1.3	1.3	0.9	4
Duraznillo	0.9	2.7	3.6	0	7.1
Espinillo	0.4	2.7	3.6	0.4	7.1
Guayabo	0.4	1.8	4.9	0	7.1
Pino de cerró	40	21.3	12	1.3	74.7
Total	42.1%	29.8%	25.4%	2.6%	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Mezcla de especies (DM)



3.1.4 Distribucion espacial de las especies arboreas

Los valores utilizados para estimar la distribución espacial a través de los diferentes índices de muestreo fueron la varianza y la media aritmética. Estos parámetros se corroboraron con los distintos tipos de distribución.

Cuadro 6: Valores de varianza y media aritmética de las especies

Espece	Varianza	Media aritmética
Aliso	0.5817	0.3778
Duraznillo	0.1077	0.0889
Espinillo	0.3883	0.28
Guayabo	0.4128	0.3778
Pino de cerró	1.4368	2.8711

Fuente: Elaboración propia

Para conocer la varianza y la media aritmética de las especies presentes en el muestreo considero la frecuencia, es decir, si se presentaron y cuantas veces ocurrían por sitio de muestreo. El Pino de cerró no se presento en 8 sitios, en 22 sitios se presento una vez, en 49 dos veces en 58 tres veces y en 88 sitios de muestreo se ubicaron cuatro veces, lo que nos indica que 88 sitios de muestreo estaban compuestos de la misma especie.

Cuadro 7: Frecuencia de las especies en los sitios de muestreo

Especie	Número de sitios					Total
	0	1	2	3	4	
Aliso	208	14	3	0	0	225
Duraznillo	169	35	15	4	2	225
Espinillo	179	32	12	1	1	225
Guayabo	157	53	14	0	1	225
Pino de cerró	8	22	49	58	88	225

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 8 se representan los rangos establecidos por los diferentes índices con la finalidad de conocer la distribución espacial de las especies.

Cuadro 8: Rangos establecidos por los diferentes índices para conocer el tipo de distribución.

Índice	Tipo de Distribución		
	Uniforme	Aleatoria	Agrupada
ID	0	1	n
IC	-1	0	n-1
IG	-1(n-1)	0	1
R	>1	1	0

Fuente: Ludwig y Reynolds, 1988 mencionado por García, 2002

3.1.4.1 Índices de distribución espacial

El índice de dispersión (ID) establece un valor de 1 cuando se trata de una distribución aleatoria y >1 cuando se trata de un agrupamiento, el valor obtenido para la especie Aliso es 1.54 por lo que se considera que esta especie se presenta de manera ligeramente agrupada. El valor obtenido para la especie de Duraznillo es 1.21, para la especie de Espinillo se tiene un valor de 1.39, la especie de Guayabo tiene un valor de 1.09, por lo que se considera que estas especies presentan una distribución aleatoria pero con una tendencia mínima hacia el agrupamiento. El índice de dispersión (ID) establece un valor de 0, para que se presente una distribución uniforme y el valor obtenido para la especie de Pino de cerró es 0.50 por lo cual indicamos que se trata de una distribución uniforme pero con una tendencia mínima hacia la aleatoriedad.

El índice de agrupamiento (IC) atribuye un valor de 0 a una distribución de tipo aleatorio y >0 para una distribución agrupada. El valor obtenido por la especie Aliso es de 0.54 este valor es más próximo a 1 que a 0 por lo indicamos que se trata de una distribución agrupada pero con tendencia a la aleatoriedad. La especie de Duraznillo tiene un valor de 0.21, la especie de Espinillo tiene un valor de 0.39, la especie de Guayabo tiene un valor de 0.09 estos valores de estas tres especies están más próximas al 0 por lo implica que estas especies presentan una distribución aleatoria pero con una tendencia mínima hacia el agrupamiento. El índice de agrupamiento (IC) establece un valor de -1 cuando se trata de una distribución uniforme y 0 cuando es aleatoria el valor obtenido por la especie de Pino del cerró es de -0.50 por lo cual indicamos que esta especie presenta una distribución uniforme pero con una tendencia mínima hacia la aleatoriedad.

Cuadro 9: Valores de los índices por especie

Especie	Índices de distribución espacial			
	ID	IC	IG	R
Aliso	1.5397	0.5397	0.0024	0.0094
Duraznillo	1.2115	0.2115	0.0009	0.0094
Espinillo	1.3868	0.3868	0.0017	0.0094
Guayabo	1.0926	0.0926	0.0004	0.0094
Pino de cerró	0.5004	-0.4996	-0.0022	0.0094

Fuente: Elaboración propia

Para el índice de Green (IG) se establece un valor de 0 cuando se presenta una distribución aleatoria, un valor de 1 al referirse a una distribución agrupada y un valor de $-1(n-1)$ es decir menor a 0 cuando se trata de una distribución uniforme. Los valores obtenidos por la especie de Aliso 0.0024, Duraznillo con 0.0009, el Espinillo con 0.0017. Guayabo y Pino de cerró con -0.0022 están más próximas al 0 por lo cual indicamos que se trata de una distribución aleatoria con una tendencia mínima a agruparse a excepción del pino de cerró que es aleatoria pero con una tendencia mínima hacia la uniformidad.

En cuanto al índice de Clark & Evans (R) el valor establecido para la aleatoriedad es de 1 y para el agrupamiento es de 0 el valor obtenido para las especies presentes es de 0.0094 por lo cual indicamos que se trata de una distribución agrupada con una tendencia a la aleatoriedad.

3.1.4.2 Distribución probabilística de las especies

Los valores observados y esperados tanto para la distribución de Poisson y binomial negativa se muestran en los cuadros 12 al 16, conociendo los valores observados a través de la frecuencia de las especies por sitio de muestreo, comparando el valor de

X^2 calculado con la tabla de valores tabulados de X^2 al 0.5% de probabilidad se tiene que:

Hipótesis para Poisson

Ho: el número de individuos por unidad de muestreo pertenece a una distribución de poisson.

Ha: el número de individuos por unidad de muestreo no pertenece a una distribución de poisson sino a una diferente.

Hipótesis para Binomial Negativa

Ho: el número de individuos por unidad de muestreo pertenece a una distribución de binomial negativa.

Ha: el número de individuos por unidad de muestreo no pertenece a una distribución binomial negativa sino a una diferente.

Cuadro 10: Variables para el modelo de poisson y binomial negativa para la especie de Aliso

Xi	POISSON			BINOMIAL NEGATIVA	
	observados	esperados	X^2	esperados	X^2
0	169	154.22	1.4165	166.34	0.0425
1	35	58.25	9.2800	40.77	0.8166
2	15	11.00	1.4545	12.13	0.6791
3	4	2.77	0.5462	3.83	0.0075
4	2	0.79	1.8533	1.24	0.4658
Σ	225	227.03	14.5505	224.31	2.0115
		GL=4	T=3.357	GL=3	T=2.366

Fuente: Elaboración propia

La especie de Aliso para la distribución de poisson tiene un valor calculado de $X^2=14.5505$ y el valor tabulado es $X^2= 3.357$, por lo cual rechazamos la H_0 , y apoyamos la H_a , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patron de distribución no obedece al modelo poisson por lo tanto no es aleatorio.

Para la distribución binomial negativa, el Aliso tiene un valor calculado de $X^2=2.0115$ y el valor tabulado es $X^2= 2.366$, por lo cual apoyamos la H_0 , ya que el valor calculado es menor que el tabulado lo que indica que el patron de distribución obedece al modelo binomial negativa por lo tanto es agrupada.(cuadro 10)

Cuadro 11: Variables para el modelo poisson y binomial negativa para la especie de Duraznillo

Xi	POISSON			BINOMIAL NEGATIVA	
	observados	esperados	X^2	esperados	X^2
0	208	205.85	0.0225	207.56	0.0009
1	14	18.29	1.0062	15.23	0.0993
2	3	0.81	5.9211	1.89	0.6519
3	0	0.05	0.05	0.79	0.79
4	0	0.00	0.00	0.47	0.47
Σ	225	225	6.9998	225.94	2.0121
		GL=4	T=3.357	GL=3	T=2.366

Fuente: Elaboración propia

La especie de duraznillo para la distribución de poisson tiene un valor calculado de $X^2= 6.9998$ y el valor tabulado es $X^2= 3.357$, por lo cual rechazamos la H_0 , y apoyamos la H_a , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo poisson por lo tanto no es aleatorio.

Para la distribución binomial negativa, el Duraznillo tiene un valor calculado de $X^2=2.0121$ y el valor tabulado es $X^2= 2.366$, por lo cual apoyamos la H_0 , ya que el valor

calculado es menor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución obedece al modelo binomial negativa por lo tanto es agrupada.(cuadro 11)

Cuadro 12: Variables para el modelo de poisson y binomial negativa para la especie de Espinillo

Xi	POISSON			BINOMIAL NEGATIVA	
	observados	esperados	X^2	esperados	X^2
0	179	170.06	0.4700	177.57	0.0115
1	32	47.61	5.1181	35.84	0.4114
2	12	6.66	4.2816	8.62	1.3253
3	1	1.24	0.0465	6.55	4.7027
4	1	0.27	1.9737	1.71	0.2948
Σ	225	225.84	11.8899	230.29	6.7457
		GL=4	T=3.357	GL=3	T=2.366

Fuente: Elaboración propia

La especie de Espinillo para la distribución de poisson tiene un valor calculado de $X^2= 11.8899$ y el valor tabulado es $X^2= 3.357$, por lo cual rechazamos la H_0 , y apoyamos la H_a , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo poisson por lo tanto no es aleatorio.

Para la distribución binomial negativa, Espinillo tiene un valor calculado de $X^2= 6.7457$ y el valor tabulado es $X^2= 2.366$, por lo cual rechazamos la H_0 , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo binomial negativa por lo tanto no agrupada. Como no describe ni el modelo poisson ni el modelo de binomial negativa decimos que representa una distribución uniforme. (cuadro 12)

Cuadro 13: Variables para el modelo poisson y binomial negativa para la especie de Guayabo

Xi	POISSON			BINOMIAL NEGATIVA	
	observados	esperados	X^2	esperados	X^2
0	157	154.22	0.0501	156.78	0.0003
1	53	58.25	0.4732	54.23	0.0279
2	14	11.00	0.8182	11.68	0.4608
3	0	2.77	2.77	2.00	2.0000
4	1	0.79	0.0558	0.29	1.7383
Σ	225	227.03	4.1673	224.98	4.2273
		GL=4	T=3.357	GL=3	T=2.366

Fuente: Elaboración propia

La especie de Guayabo para la distribución de poisson tiene un valor calculado de $X^2= 4.1673$ y el valor tabulado es $X^2= 3.357$, por lo cual rechazamos la H_0 , y apoyamos la H_a , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo poisson por lo tanto no es aleatorio.

Para la distribución binomial negativa, el Guayabo tiene un valor calculado de $X^2= 4.2273$ y el valor tabulado es $X^2= 2.366$, por lo cual rechazamos la H_0 , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo binomial negativa por lo tanto no es agrupada. Como no describe ni el modelo poisson ni el modelo de binomial negativa decimos que representa una distribución uniforme. (cuadro 13)

Cuadro 14: Variables para el modelo de poisson y binomial negativa para la especie de Pino de cerró

Xi	POISSON			BINOMIAL NEGATIVA	
	observados	esperados	X^2	esperados	X^2
0	8	12.74	2.88	4.21	3.4119
1	22	36.59	6.0314	24.14	0.1897
2	49	52.52	18.1025	57.22	1.1809
3	58	100.53	55.0375	71.35	2.4979
4	88	216.47	5.0074	48.92	31.2193
Σ	225	418.85	87.0588	205.84	38.4997
		GL=4	T=3.357	GL=3	T=2.366

Fuente: Elaboración propia

La especie de Pino de Cerró para la distribución de poisson tiene un valor calculado de $X^2= 87.0588$ y el valor tabulado es $X^2= 3.357$, por lo cual rechazamos la H_0 , y apoyamos la H_a , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo poisson por lo tanto no es aleatorio.

Para la distribución binomial negativa, el Pino de Cerró tiene un valor calculado de $X^2= 38.4997$ y el valor tabulado es $X^2= 2.366$, por lo cual rechazamos la H_0 , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo binomial negativa por lo tanto no es agrupada. Como no describe ni el modelo poisson ni el modelo binomial negativa decimos que representa una distribución uniforme. (cuadro 14)

3.1.4.3 Metodo grafico para la distribucion de las especies

Figura 12: Distribución de los individuos por especie parcela 1

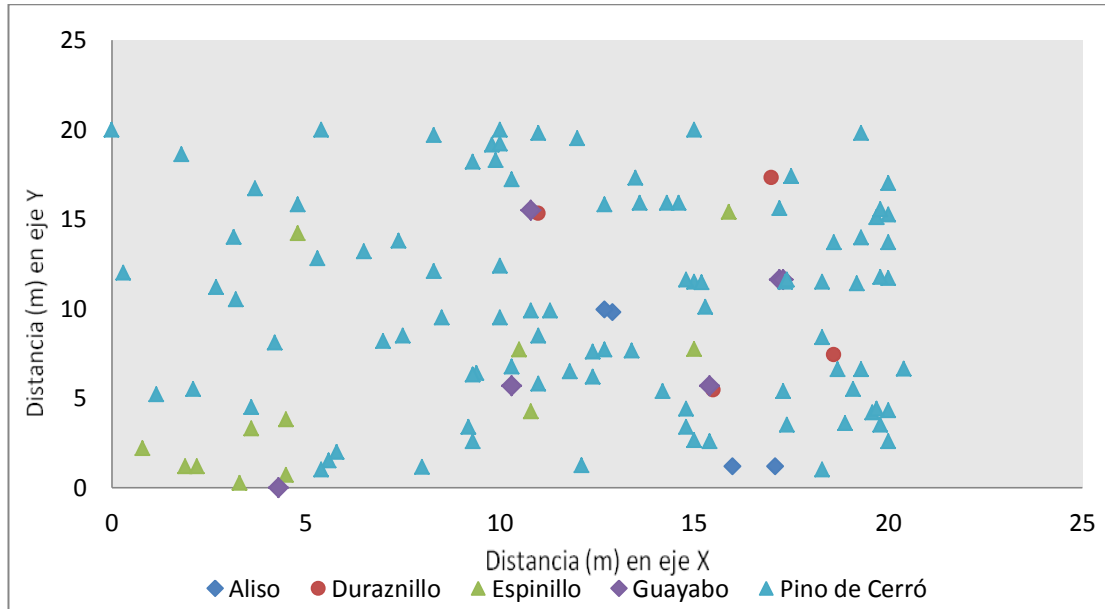


Figura 13: Distribución de los individuos parcela 1

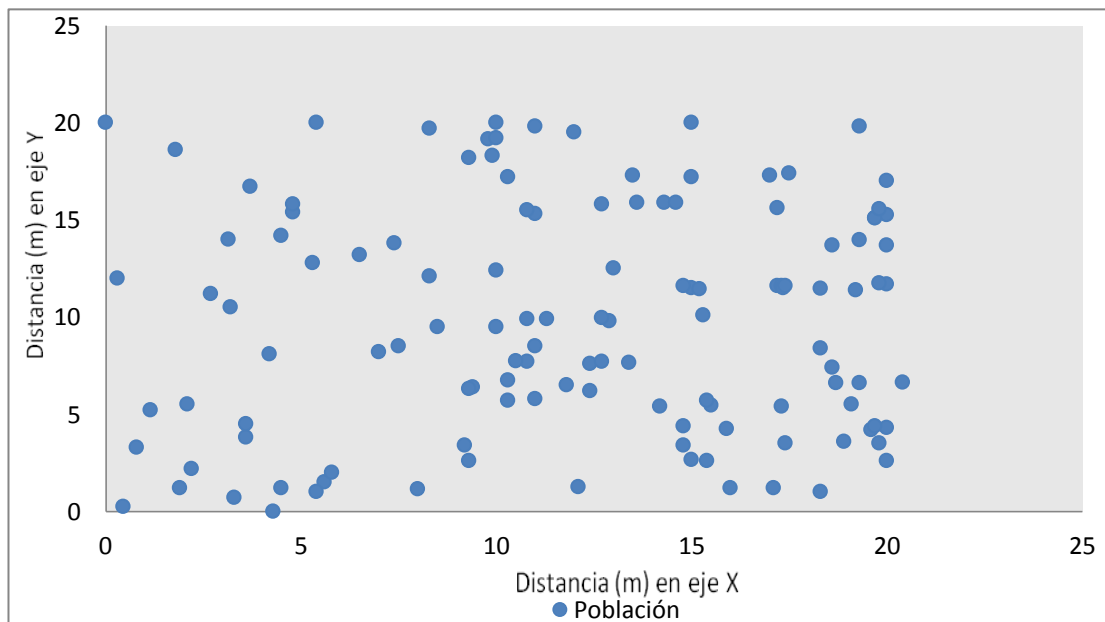


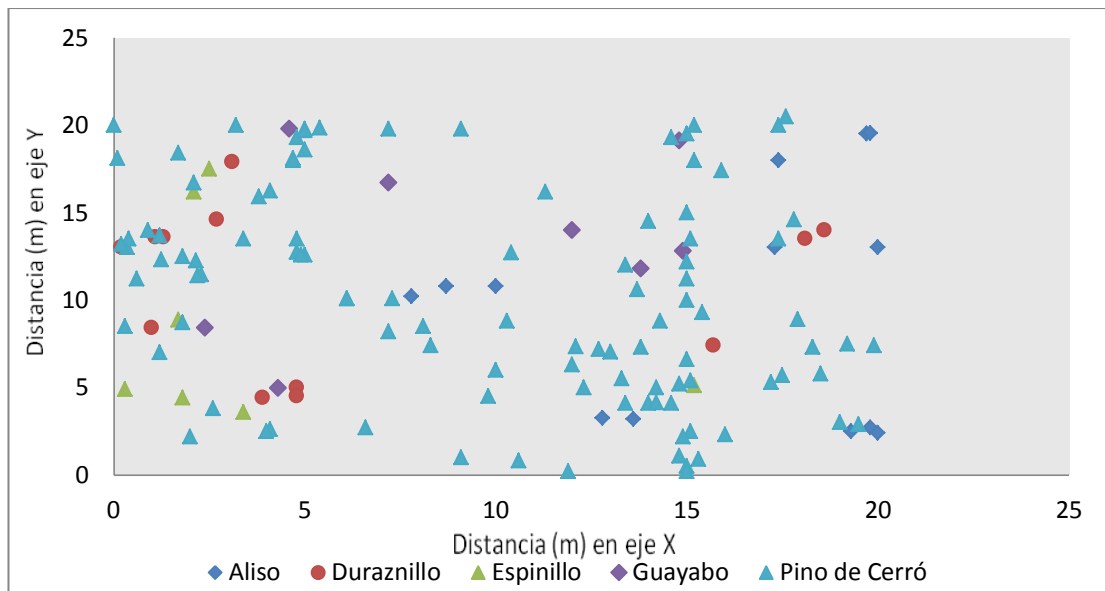
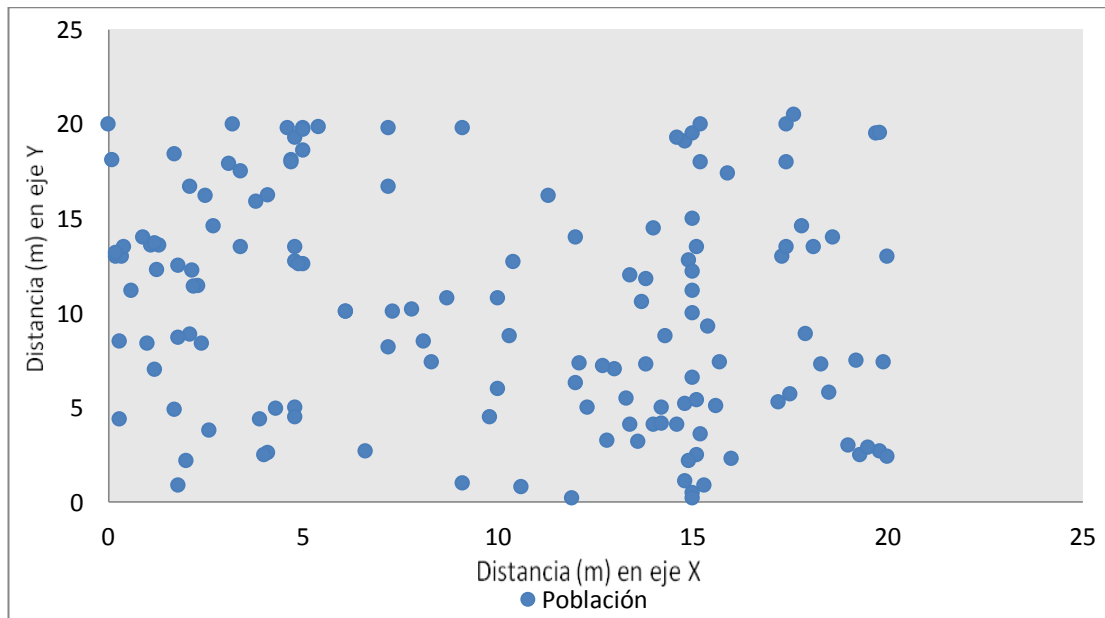
Figura 14: Distribución de los individuos por especie parcela 2**Figura 15:** Distribución de los individuos parcela 2

Figura 16: Distribución de los individuos por especie parcela 3

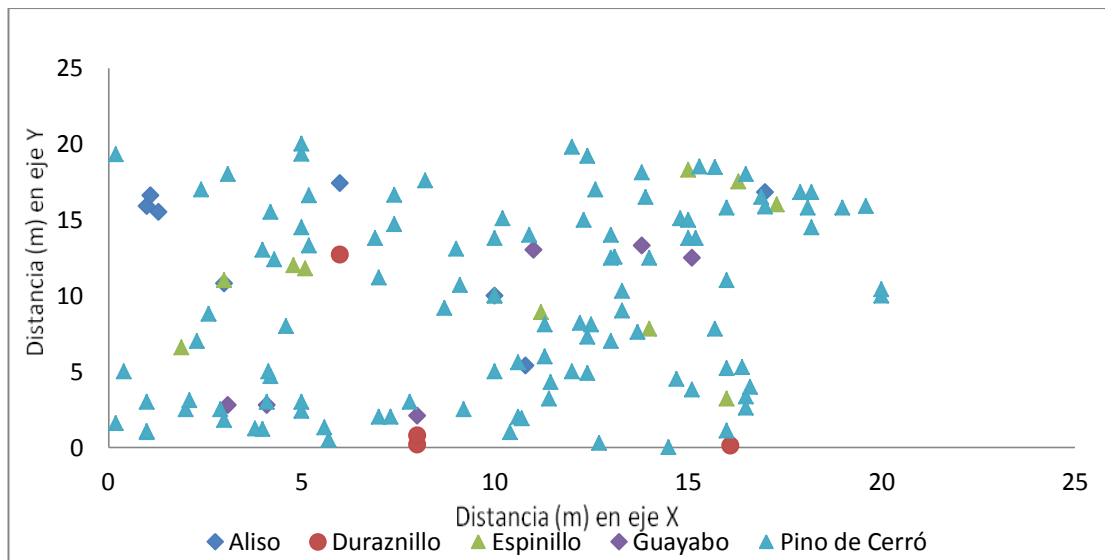
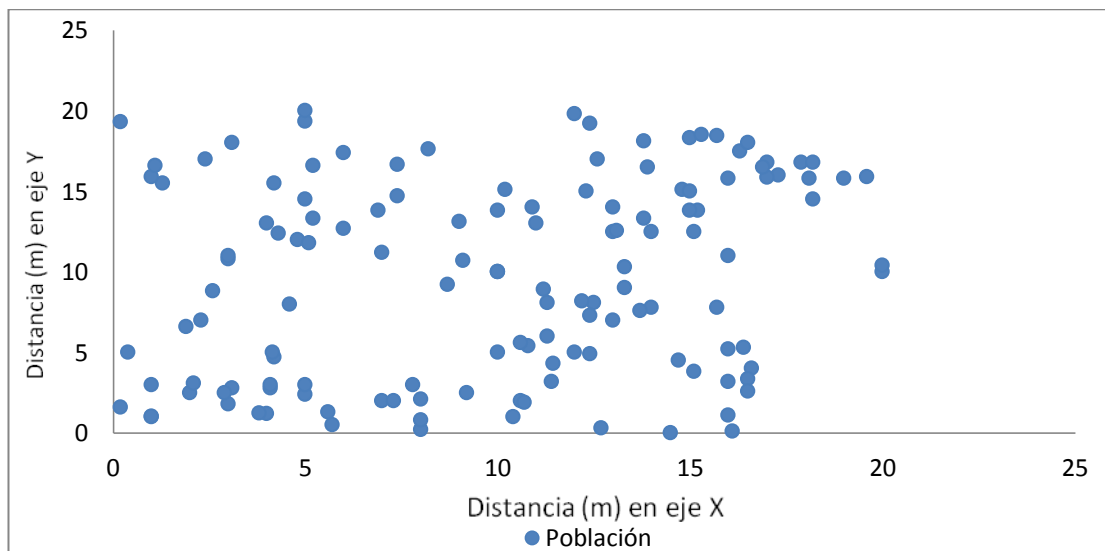


Figura 17: Distribución de los individuos parcela 3



Revisando las parcelas del método gráfico del bosque 1A3c, y posteriormente realizando una comparación con los modelos establecidos de patrones de distribución espacial, podemos indicar que se trata de una distribución aleatoria como resultado del método gráfico.

3.2 Bosque ralo a semidenso mayormente siempre verde semideciduo montano (2A3c)

Este tipo de bosque se encuentra ubicado en el sur de la comunidad de Calderilla Chica, en áreas contiguas al río del mismo nombre, sobre laderas empinadas del río y quebradas adyacentes.

En el cuadro 15 se observan los datos dasométricos de la población del bosque 2A3c, donde el 97.7% de la abundancia está representada por la especie de Queñua con 923.1 individuos por hectárea, seguida por la especie Aliso con 21.8 individuos por hectárea, que representa un 2.3%

En lo que se refiere a la dominancia relativa la Queñua ocupa un mayor espacio en la superficie con un 97%, ya que presenta un diámetro medio de 15 cm, la especie Aliso ocupa el 3% de la superficie y presenta un diámetro medio de 17.21, como podemos ver el diámetro medio de la Queñua es menor que la de Aliso, pero la Queñua tiene un mayor porcentaje de ocupación en la superficie, esto es debido a que el número de individuos por hectárea del Aliso es menor que la Queñua.

Los coeficientes de variación (Sh% y Sd%) de la población muestran una gran variabilidad de Sh%= 35.4 y Sd%=41.6 infiriendo sobre la heterogeneidad del bosque.

Cuadro 15: Datos dasométricos para el muestreo del bosque 2A3c

Especie	N/ha		G/ha (m ²)		h	Altura (m)			Diametro _{1,3} (cm)			
	abs.	rel%.	abs.	rel%.		Sh%	min	max	d _{1,3}	Sd%	min	max
Queñua	923.1	97.7	16.3	97	3.7	34.9	1.5	9	15	41.6	4	45
Aliso	21.8	2.3	0.5	3	4.3	45.3	2	8	17.2	42.6	6	30
Total	944.9	100	16.8	100	3.7	35.4	1.5	9	15.7	41.6	4	45

Fuente: Elaboración propia

3.2.1 Análisis de la abundancia, dominancia y frecuencia

En el cuadro 16 se muestra el despliegue de la frecuencia de las especies que aparecieron en los sitios de muestreo además de los valores relativos de abundancia y dominancia de los sitios de muestreo.

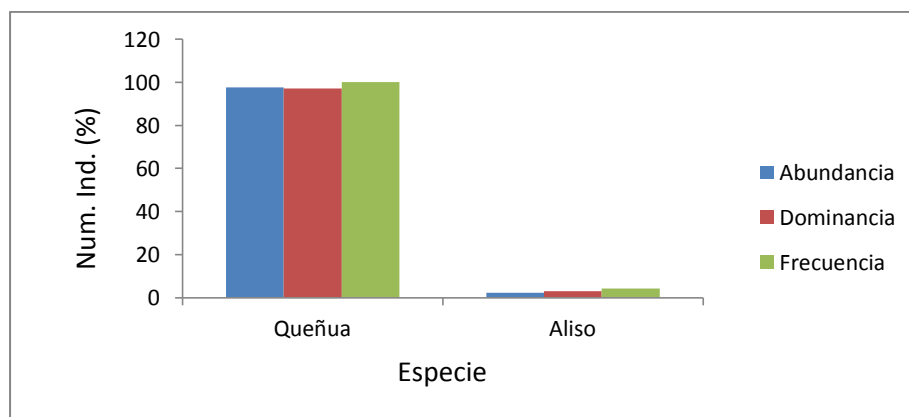
Cuadro 16: Abundancia, dominancia y frecuencia del muestreo

Especie	Abundancia %	Dominancia %	Frecuencia %
	muestra	muestra	muestra
Queñua	97.7	97	100
Aliso	2.3	3	4.17

Fuente: Elaboración propia

La especie de mayor dominancia corresponde a la especie Queñua con un 97.7%, seguida por la especie Aliso con un 2.3%. La Queñua también presenta una mayor dominancia con un 97%, frente a un 3% del aliso debido a que tiene mayor número de individuos por hectárea aunque tenga menor diámetro medio que el Aliso.

Figura 18: Abundancia, dominancia y frecuencia del muestreo



3.2.2 Índice de diferenciación diamétrica (TD)

Para el índice de diferenciación diamétrica, el 50% de los árboles-centro se ubican en el rango moderado y medio, mientras que un 45.1% de los árboles-centro se ubican en el rango de bajo, y tan solo un 4.9% se encuentra en el rango fuerte. Por lo que se

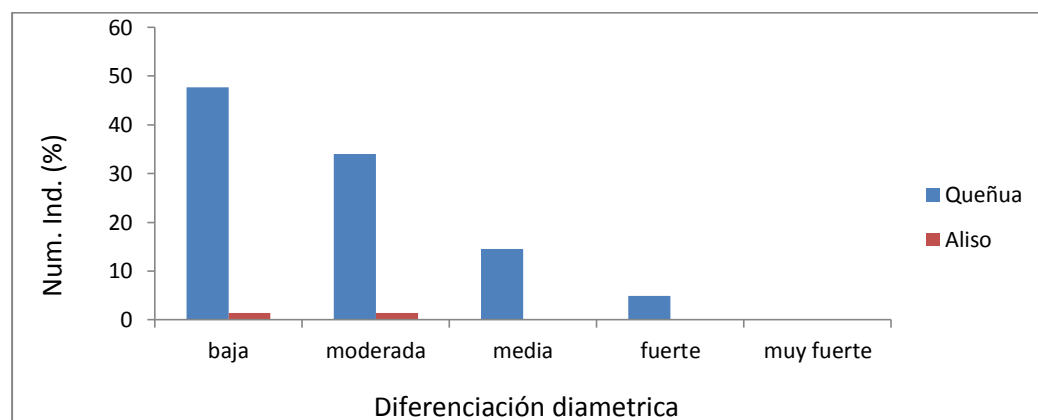
considera que el 4.9% de los individuos muestran gran diferenciación diamétrica, mientras que el 95.1% indica que es un bosque regular en cuanto a la superficie ocupada por los individuos sobre el terreno. No se encontraron individuos que se ubiquen en el rango de muy fuerte, es decir sus individuos presentan una distribución diamétrica relativamente similar.

Cuadro 17: Diferenciación diamétrica (TD)

Índice de diferenciación Diamétrica						
Especie	baja 0.0-0.20	moderado 0.21-0.40	medio 0.41-0.60	fuerte 0.61-0.80	Muy fuerte 0.80-1	Total 100%
Queñua	43.7	34	14.6	4.9	0	97.2
Aliso	1.4	1.4	0	0	0	2.8
Total	45.1%	35.4%	14.6%	4.9%	0%	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Diferenciación diamétrica (TD)



3.2.3 Índice de mezcla de especies (DM)

En el cuadro 18 se muestra de manera general que el 97.9% de los sitios de muestreo están tipificados con el valor *DM* igual a 0, infiriendo que de cada tres vecinos, el árbol-objeto pertenece a la misma especie del árbol-centro, es decir el 97.9% de los

sitios de muestreo estaban conformados por grupos de árboles de la misma especie. El 2.1% de los árboles-centro presentan un individuo de especie diferente.

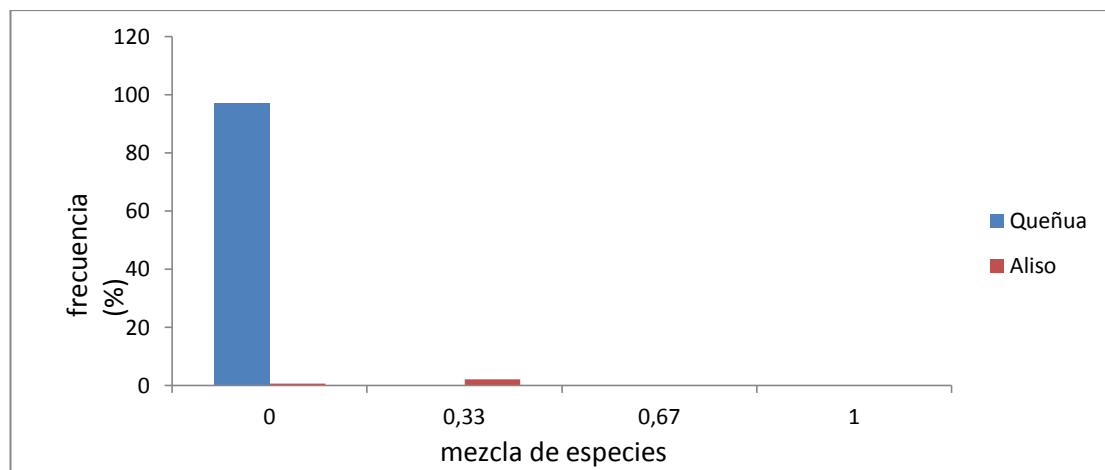
Cuadro 18: Mezcla de especies (DM)

Índice de mezcla de especies					
Especie	0.0	0.33	0.67	1.0	Total 100%
Queñua	97.2	0	0	0	97.2
Aliso	0.7	2.1	0	0	2.8
Total	97.9%	2.1%	0	0	100

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento de las especies, en cuanto a la mezcla entre ellas, las especies de Queñua y Aliso se presentaron en los sitios de muestreo con individuos de su misma especie, Aliso con un 0.7%. A diferencia de la Queñua con el 97.2% donde estuvo mezclada con individuos de su misma especie.

Figura 20: Mezcla de especies (DM)



3.2.4 Distribución espacial de las especies arbóreas

Los valores utilizados para estimar la distribución espacial a través de los diferentes índices de muestreo fueron la varianza y la media, así como la comparación con los distintos tipos de distribución probabilística.

Cuadro 19: valores de varianza y media aritmética de las especies

Especie	Varianza	Media aritmética
Queñua	0.2401	3.9028
Aliso	0.2406	0.0972

Fuente: Elaboración propia

La varianza y la media aritmética de las especies presentes en el muestreo se determinaron a través de la frecuencia en los sitios de muestreo. La especie Queñua se presentó en todos los sitios de muestreo 144 en total, mientras que la especie de Aliso se presentó solo en 6 sitios de muestreo.

Cuadro 20: Frecuencia de las especies en los sitios de muestreo

Especie	Número de sitios					Total
	Número de árboles					
	0	1	2	3	4	
Queñua	0	3	2	1	138	144
Aliso	138	1	2	3	0	144

Fuente: Elaboración propia

3.2.4.1 Índice de distribución de espacial

El índice de dispersión (ID) establece un valor de 0, cuando se presenta una distribución uniforme y el valor obtenido para la especie Queñua es 0.06 es te valor está más cercano a 0, por lo infiere en una distribución uniforme. El índice de dispersión (ID) establece un valor de 1 cuando es una distribución aleatoria y >1

cuando es una distribución de tipo agrupada, el valor obtenido para la especie de Aliso es 2.48 por lo cual indicamos que esta especie se presenta de manera relativamente agrupada pero con una tendencia a la aleatoriedad.

En cuanto al índice de agrupamiento (IC) atribuye un valor de -1 a una distribución de tipo uniforme, para la especie de Queñua es -0.94 más próximo a -1 por lo que muestran un tipo de distribución de tipo uniforme. El índice de agrupamiento (IC) atribuye un valor de 0 cuando presenta una aleatoriedad y >0 cuando hay un agrupamiento, el valor obtenido para aliso es 1.48 por lo que representa una distribución agrupada, pero este valor es mayor que 0 pero no está muy distante de 0, es decir, presenta un agrupamiento pero con una tendencia a la aleatoriedad.

Para el índice de Green (IG), se establece un valor de 0, cuando presenta una distribución aleatoria, un valor de 1 al referirse a un agrupamiento y un valor $-1/(n-1)$, es decir <0 , cuando se trata de una distribución de tipo uniforme. Para este bosque se trabajó con 144 sitios de muestreo (n). Queñua presenta un valor de -0.1 este valor es más próximo a 0 por lo que representa una distribución aleatoria pero con una tendencia relativa a la uniformidad. La especie de Aliso presentó un valor de 0.01 por lo que representa una distribución aleatoria pero con una tendencia mínima al agrupamiento.

En cuanto al índice de Clark & Evans (R) el valor establecido para la distribución agrupada es de 0 y 1 cuando es aleatoria, el valor obtenido para las especies del bosque 2A3c es de 0.01, este valor está más próximo a 0 por lo que representa una distribución de tipo agrupada con una tendencia mínima a la aleatoriedad.

Cuadro 21: Valores de los índices por especie

Índices de distribución espacial				
Especie	ID	IC	IG	R
Queñua	0.06	-0.94	-0.001	0.01
Aliso	2.48	1.48	0.01	0.01

Fuente: Elaboración propia

3.2.4.2 Distribución probabilística de las especies

Los valores observados y esperados tanto para la distribución de poisson y binomial negativa se muestran en los cuadros 22 y 23. Conociendo los valores observados a través de la frecuencia de las especies por sitio de muestreo, comparando el valor de X^2 calculado con la tabla de valores tabulados de X^2 al 0.5% de probabilidad y las mismas hipótesis se tiene que:

Cuadro 22: Variables para el modelo poisson y binomial negativa para la especie de Queñua

Xi	POISSON			BINOMIAL NEGATIVA	
	observados	esperados	X^2	esperados	X^2
0	0	2.88	2.88	0.00	0.00
1	3	11.23	6.0314	0.09	94.09
2	2	21.92	18.1025	2.09	0.0039
3	1	57.02	55.0375	22.92	20.9636
4	138	166.91	5.0074	101.30	13.2961
Σ	144	259.96	87.0588	126.4	128.3536
		GL=4	T=3.357	GL=3	T=2.366

Fuente: Elaboración propia

La especie de Queñua para la distribución de poisson tiene un valor calculado de $X^2=87.0588$ y el valor tabulado es $X^2=3.357$, por lo cual rechazamos la H_0 , y apoyamos la H_a , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo poisson por lo tanto no es aleatorio.

Para la distribución binomial negativa, la Queñua tiene un valor calculado de $X^2=128.3536$ y el valor tabulado es $X^2=2.366$, por lo cual rechazamos la H_0 , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo binomial negativa por lo tanto no es agrupada. Como no

describe ni el modelo poisson ni el modelo de binomial negativa decimos que representa una distribución uniforme. (cuadro 22)

Cuadro 23: Variables para el modelo de poisson y binomial negativa para la especie de Aliso

Xi	POISSON			BINOMIAL NEGATIVA	
	observados	esperados	X^2	esperados	X^2
0	138	130.67	0.4112	135.65	0.0407
1	1	12.70	10.7787	5.33	3.5176
2	2	0.62	3.0716	1.70	0.0529
3	3	0.04	219.04	0.69	7.7335
4	0	0.00	0.00	0.32	0.3200
Σ	144	144.03	233.30	143.69	11.66
		GL=4	T=3.357	GL=3	T=2.366

Fuente: Elaboración propia

La especie de Aliso para la distribución de poisson tiene un valor calculado de $X^2=233.30$ y el valor tabulado es $X^2=3.357$, por lo cual rechazamos la H_0 , y apoyamos la H_a , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo poisson por lo tanto no es aleatorio.

Para la distribución binomial negativa, el Aliso tiene un valor calculado de $X^2=11.66$ y el valor tabulado es $X^2=2.366$, por lo cual rechazamos la H_0 , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo binomial negativa por lo tanto no es agrupada. Como no describe ni el modelo poisson ni el modelo de binomial negativa decimos que representa una distribución uniforme. (cuadro 23)

3.2.4.3 Método gráfico para la distribución de las especies

Figura 21: Distribución de los individuos parcela 1

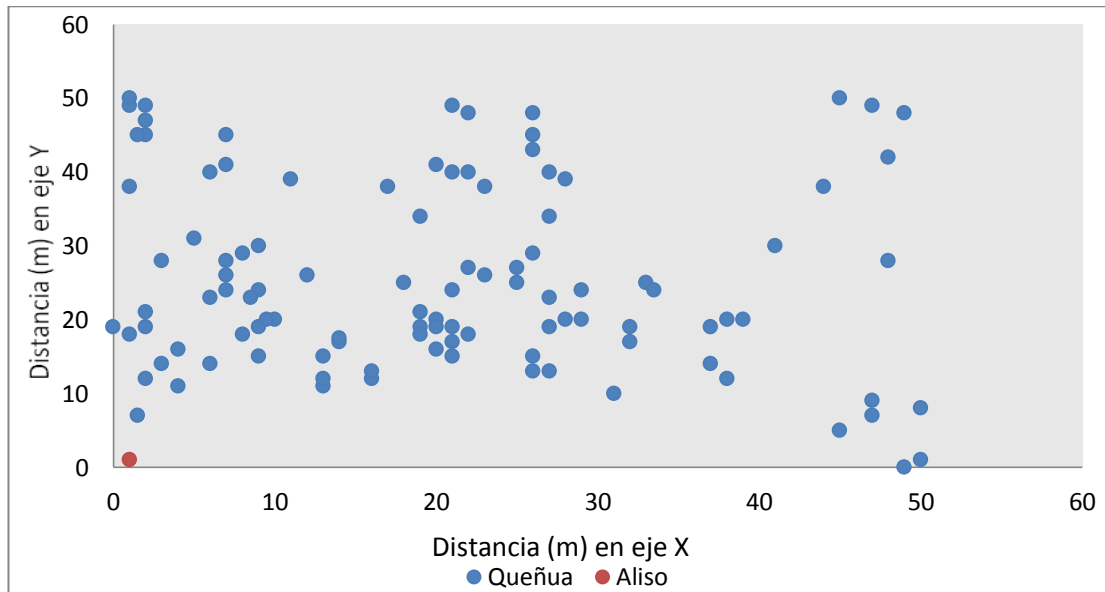
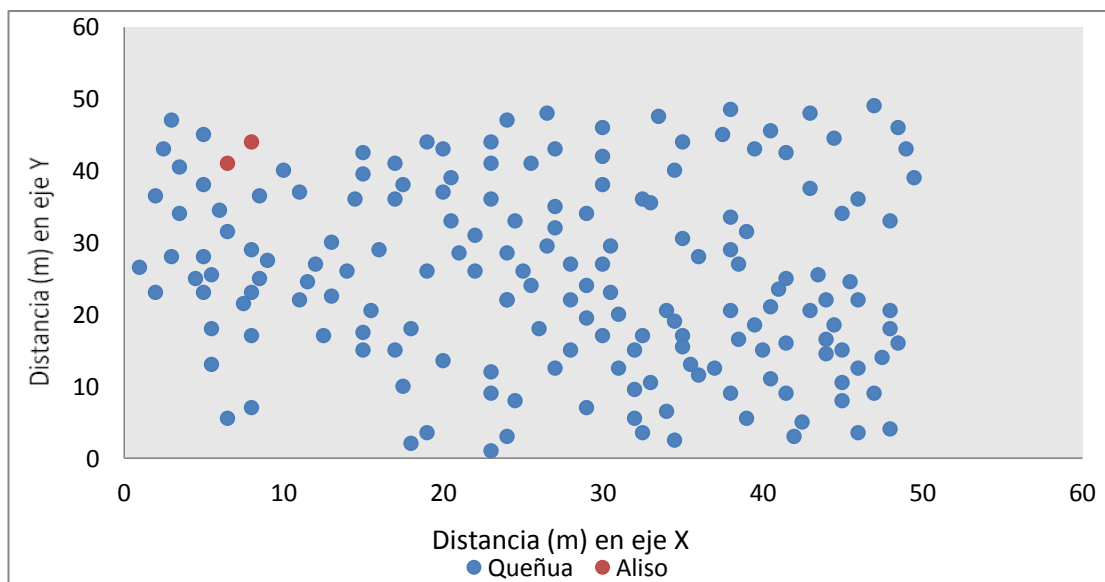


Figura 22: Distribución de los individuos parcela 2



Revisando las parcelas del método gráfico del bosque 2A3c, y posteriormente realizando una comparación con los modelos establecidos de patrones de distribución espacial, podemos indicar que se trata de una distribución agrupada como resultado del método gráfico.

3.3 Bosque ralo a semidenso mayormente caducifolio semideciduo montano (2B3c)

Este tipo de bosque se encuentra localizado en la comunidad de Calderilla Chica, en sus alrededores sobre todo en el sector norte, en laderas y quebradas.

En el cuadro 24 se observan los datos dasométricos de la población del bosque 2A3c se determino que el 98.9% de la abundancia está representada por la especie Aliso con 749 individuos por hectárea, seguida por la especie Queñuacon 8.6 individuos por hectárea representando el 1.1%.

En lo referente a la dominancia relativa, el Aliso ocupa un mayor espacio sobre la superficie con 98% presentando un diámetro medio de 15.70 cm, lo que nos da como resultado 14.4 m². La especie Queñua representa el 2% presentando un diámetro medio de 12 cm, por lo cual obtenemos un resultado de 0.3 m².

La diferencia entre los coeficientes de variación (Sh% y Sd%) del muestreo muestra una divergencia marcada ya que Sh%= 39.5 y Sd%= 54.2 dan la posibilidad de inferir sobre la heterogeneidad de la población ya que nos indica alta variabilidad.

Cuadro 24: Datos dasométricos para el muestreo del bosque 2B3c

Especie	N/ha		G/ha (m ²)		h	Altura (m)			Diametro _{1,3} (cm)			
	abs.	rel%.	abs.	rel%.		Sh%	min	max	d _{1,3}	Sd%	min	max
Aliso	749	98.9	14.4	98	5.1	39.5	1.5	10	15.7	54.2	4	60
Queñua	8.6	1.1	0.3	2	3.5	16.5	3	4	12	49.1	6	20
Total	757.6	100	14.7	100	5.1	39.5	1.5	10	15.7	54.2	4	60

Fuente: Elaboración propia

3.3.1 Análisis de la abundancia, dominancia y frecuencia

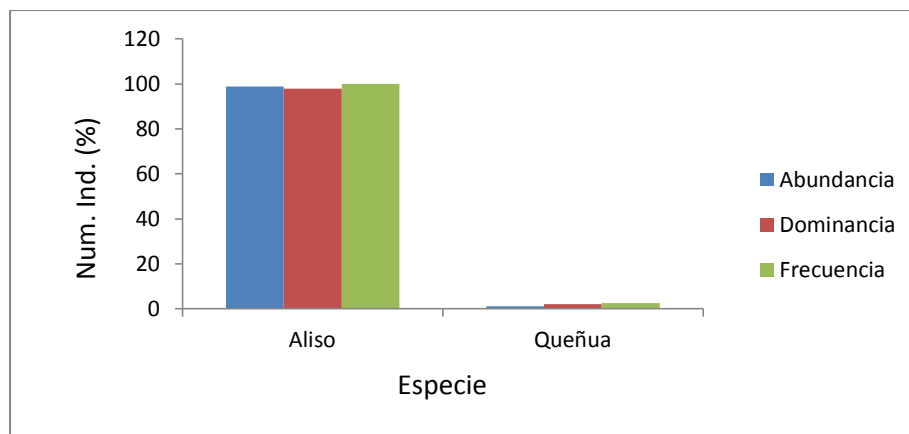
En el cuadro 25 se muestra el despliegue o la frecuencia de las dos especies que aparecieron en los sitios de muestreo, con sus respectivos valores relativos de abundancia y dominancia.

Cuadro 25: Abundancia, dominancia y frecuencia del muestreo

	Abundancia %	Dominancia %	Frecuencia %
Especie	muestra	muestra	muestra
Aliso	98.9	98	100
Queñua	1.1	2	2.56

Fuente: Elaboración propia

La especie de mayor abundancia es el Aliso y ocupa un 98.9%, seguido por la Queñua con 1.1%. El aliso también presenta una mayor dominancia sobre la otra especie, debido a que presenta mayor número de individuos por hectárea y presenta un diámetro medio mayor que la Queñua.

Figura 23: Abundancia, dominancia y frecuencia del muestreo

La especie de mayor abundancia, dominancia y frecuencia en los sitios de muestreo para el bosque 2B3c es el Aliso seguido por la Queñua.

3.3.2 Índice de diferenciación diamétrica (TD)

Para el índice de diferenciación diamétrica. El 51.3% de los árboles-muestra se ubican en el rango moderado y medio, mientras que un 41% se ubica en el rango baja, el 7.7% de los árboles-muestra está presente en el rango de fuerte y muy fuerte, por lo cual se considera que solo un 7.7% de los individuos, muestran una gran

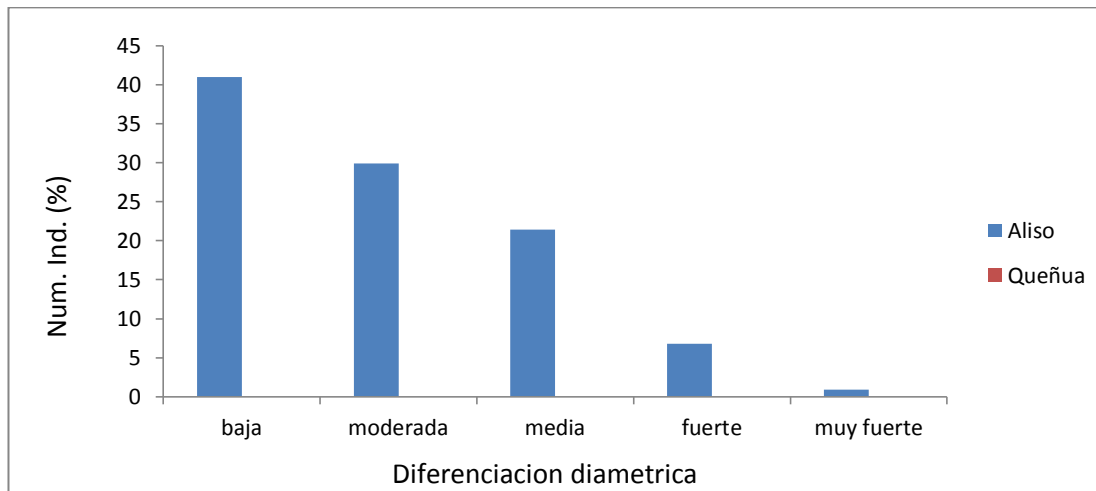
diferenciación diamétrica, mientras que el 92.3% indica que es un bosque regular en cuanto a la superficie ocupada por los individuos sobre el terreno. De los árboles-centro para el bosque 2B3c todos eran de la especie Aliso por lo que diferenciación diamétrica para la especie Queñua no se puede determinar.

Cuadro 26: Diferenciación diamétrica (TD)

Índice de diferenciación Diamétrica						
Especie	baja 0.0-0.20	moderado 0.21-0.40	medio 0.41-0.60	fuerte 0.61-0.80	Muy fuerte 0.80-1	Total 100%
Aliso	41	29.9	21.4	6.8	0.9	100
Queñua	0	0	0	0	0	0
Total	41%	29.9%	21.4%	6.8%	0.9%	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 24: Diferenciación diamétrica (TD)



3.3.3 Índice de mezcla de especies (DM)

En el cuadro 27 se muestra de manera general que el 97.4% de los sitios de muestreo están tipificados con el valor de *DM* igual a 0, los que nos indica que de cada tres vecinos, el árbol-objeto pertenece a la misma especie del árbol-centro, es decir que el

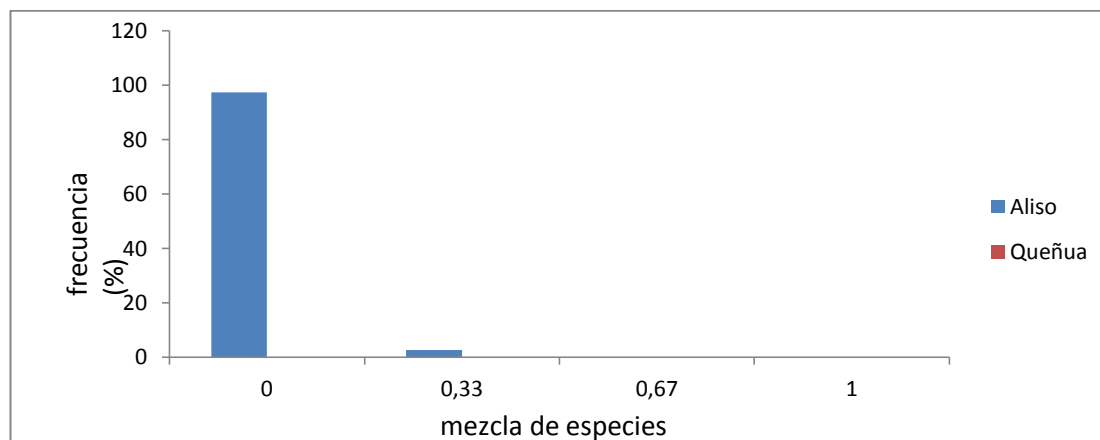
97.4% de los sitios de muestreo estaban conformados por grupos de arboles de la misma especie. El 2.6% de los arboles-centro presentan un individuo de especie diferente. En este bosque no se presentaron sitios con el valor *DM* igual a 0.67 y 1.

Cuadro 27: Mezcla de especies (DM)

Índice de mezcla de especies					
Especie	0.0	0.33	0.67	1.0	Total 100%
Aliso	97.4	2.6	0	0	100
Queñua	0	0	0	0	0
Total	97.4%	2.6%	0	0	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 25: Mezcla de especies (DM)



3.3.4 Distribución espacial de las especies arbóreas

Los valores utilizados para estimar la distribución espacial a través de los diferentes índices de muestreo fueron la varianza y la media, y la comparación con los distintos tipos de distribución probabilística.

Cuadro 28: Valores de varianza y media aritmética de las especies

Especie	Varianza	Media aritmética
Aliso	0.0502	3.9658
Queñua	0.0501	0.0342

Fuente: Elaboración propia

Como ya se mencionó los parámetros que se utilizan para distribución es la media y la varianza de las especies presentes en el muestreo, estas se determinaron a través de la frecuencia en los sitios de muestreo, la especie Aliso se presentó en 117 sitios de muestreo, la Queñua estuvo presente en 3 sitios de muestreo (tabla 29).

Cuadro 29: Frecuencia de las especies en los sitios de muestreo

Especie	Número de sitios					Total
	Número de árboles					
	0	1	2	3	4	
Aliso	0	0	1	2	114	117
Queñua	114	2	1	0	0	117

Fuente: Elaboración propia

3.3.4.1 Índices de distribución espacial

El índice de dispersión (ID) establece un valor de 0, para que se presente una distribución uniforme y el valor obtenido para aliso es 0.01 cercano a cero por lo que podemos decir que la especie Aliso se presenta de manera relativamente uniforme. El índice de dispersión (ID) establece un valor de 1 para una distribución aleatoria y >1 para una distribución agrupada, la especie Queñua obtuvo un valor de 1.46 por lo cual podemos decir que esta especie se presenta de manera relativamente agrupada.

El índice de agrupamiento (IC) atribuye un valor -1 a una distribución de tipo uniforme. Para Aliso el valor obtenido de IC fue -0.98 este valor está muy cerca de -1 por lo indicamos que la especie aliso se presenta de manera uniforme. El valor que

atribuye IC para una distribución aleatoria es de 0 y >0 para una distribución agrupada. Y el valor obtenido de Queñua es de 0.46 por lo que se presenta de manera agrupada.

Para el índice de Green (IG) establece un valor de 0 cuando se presenta una distribución aleatoria, un valor 1 al referirse a un agrupamiento y un $-1(n-1)$ cuando se trata de una distribución de tipo uniforme. Para el Aliso se obtuvo un valor de -0.01 y para Queñua de 0.00 por lo cual indicamos que ambas especies se presentan de manera aleatoria.

En cuanto al índice de Clark & Evans (R) el valor establecido para un agrupamiento es de 0 y el valor obtenido para las especies presentes es de 0.02, por lo cual las especies se presentan de manera agrupada.

Cuadro 30: Valores de los índices por especie

Índices de distribución espacial				
Especie	ID	IC	IG	R
Aliso	0.01	-0.99	-0.01	0.02
Queñua	1.46	0.46	0.00	0.02

Fuente: Elaboración propia

3.3.4.2 Distribución probabilística de las especies

Los valores observados y esperados tanto para la distribución de poisson y binomial negativa se muestran en los cuadros 31 y 32. Conociendo los valores observados a traves de la frecuencia de las especies por sitio de muestreo, comparando el valor de X^2 calculado con la tabla de valores tabulados de X^2 al 0.5% de probabilidad y las mismas hipótesis se tiene que:

Cuadro 31: Variables para el modelo poisson y binomial negativa para la especie Aliso

Xi	POISSON			BINOMIAL NEGATIVA	
	observados	esperados	X^2	esperados	X^2
0	0	2.22	2.22	0.00	0.00
1	0	8.80	8.80	0.00	0.00
2	1	17.43	15.4874	0.10	8.1
3	2	46.10	42.1868	5.31	2.0633
4	114	137.12	3.8983	105.04	0.7643
Σ	117	210.67	72.5925	110.45	10.9276
		GL=4	T=3.357	GL=3	T=2.366

Fuente: Elaboración propia

La especie de Aliso para la distribución de poisson tiene un valor calculado de $X^2=72.5925$ y el valor tabulado es $X^2=3.357$, por lo cual rechazamos la H_0 , y apoyamos la H_a , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo poisson por lo tanto no es aleatorio.

Para la distribución binomial negativa, el Aliso tiene un valor calculado de $X^2=10.9276$ y el valor tabulado es $X^2=2.366$, por lo cual rechazamos la H_0 , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo binomial negativa por lo tanto no es agrupada. Como no describe ni el modelo poisson ni el modelo de binomial negativa decimos que representa una distribución uniforme. (cuadro 31)

Cuadro 32: Variables para el modelo poisson y binomial negativa para la especie Queñua

Xi	POISSON			BINOMIAL NEGATIVA	
	observados	esperados	X^2	esperados	X^2
0	114	113.07	0.0076	113.76	0.0005
1	2	3.87	0.9036	2.66	0.1638
2	1	0.07	12.3537	0.46	0.6339
3	0	0.00	0.00	0.11	0.11
4	0	0.00	0.00	0.02	0.02
Σ	117	117.01	13.2669	117.01	0.9282
		GL=4	T=3.357	GL=3	T=2.366

Fuente: Elaboración propia

La especie de Queñua para la distribución de poisson tiene un valor calculado de $X^2=13.2669$ y el valor tabulado es $X^2=3.357$, por lo cual rechazamos la H_0 , y apoyamos la H_a , ya que el valor calculado es mayor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución no obedece al modelo poisson por lo tanto no es aleatorio.

Para la distribución binomial negativa, la Queñua tiene un valor calculado de $X^2=0.9282$ y el valor tabulado es $X^2=2.366$, por lo cual apoyamos la H_0 , ya que el valor calculado es menor que el tabulado lo que indica que el patrón de distribución si obedece al modelo binomial negativa por lo tanto representa una distribución agrupada. (cuadro 32)

3.3.4.3 Método gráfico para la distribución de las especies

Figura 26: Distribución de los individuos parcela 1

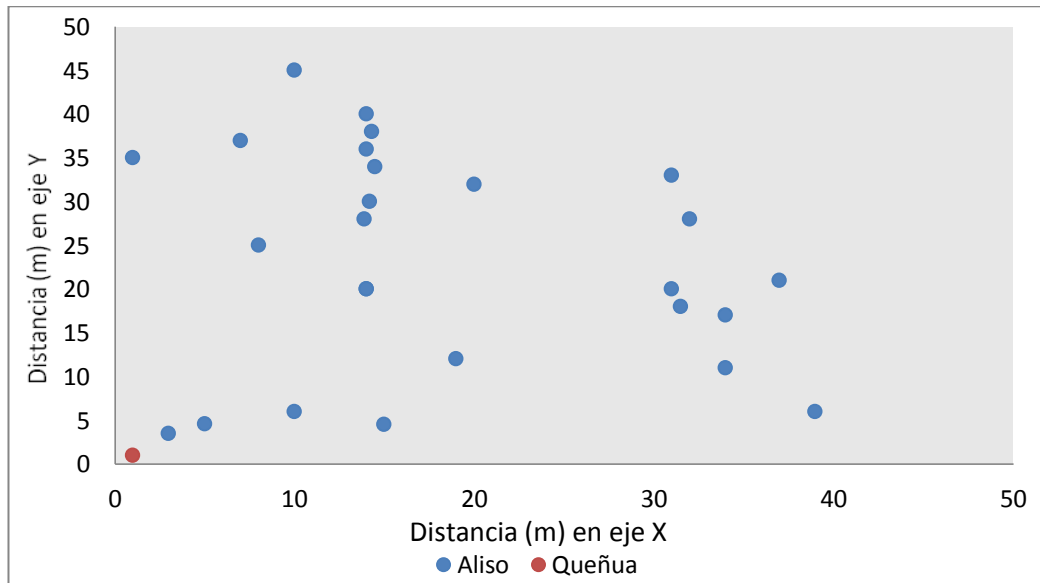
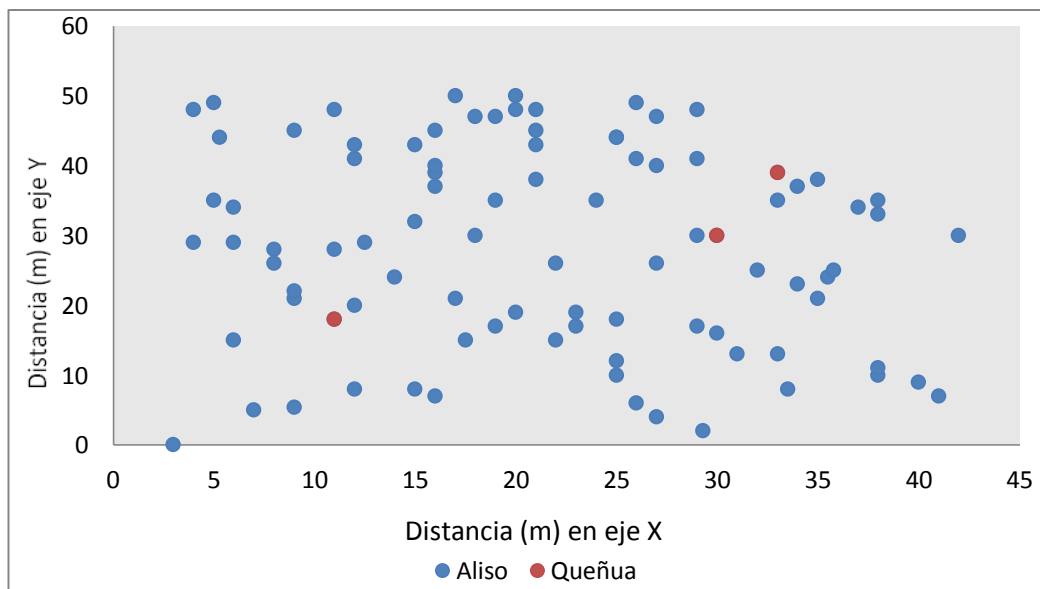


Figura 27: Distribución de los individuos parcela 2

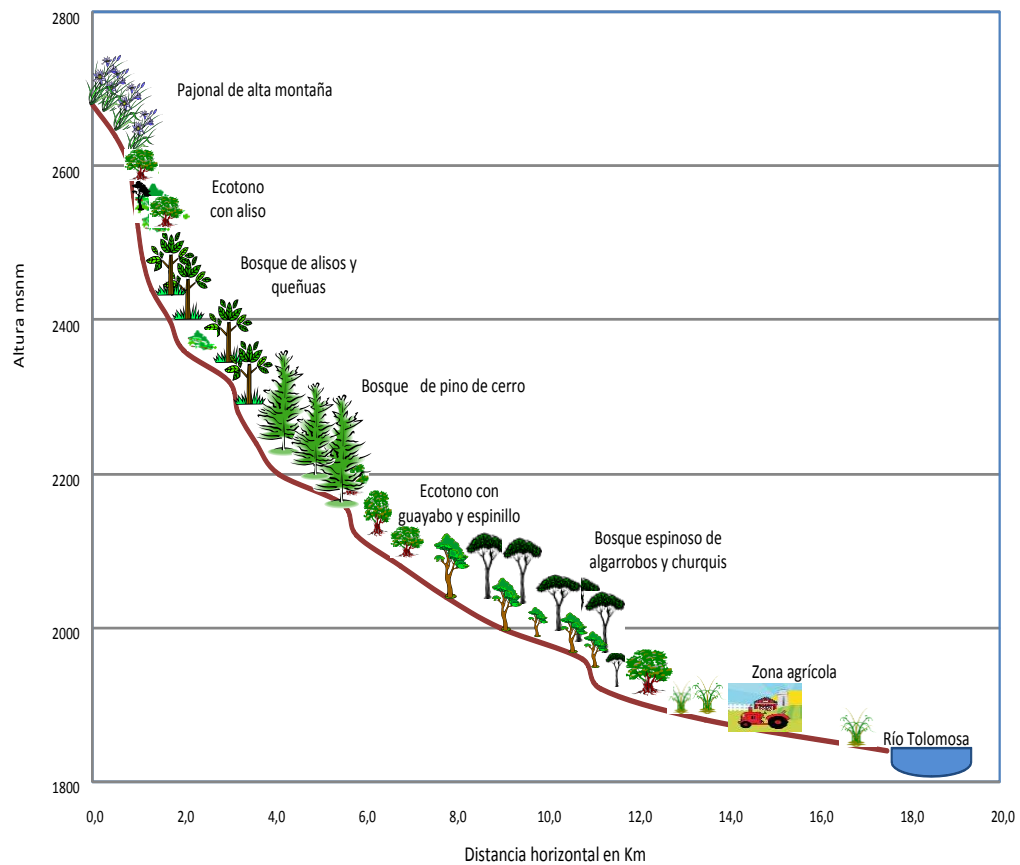


Revisando las parcelas del método gráfico del bosque 2B3c, y posteriormente realizando una comparación con los modelos establecidos de patrones de distribución espacial, podemos indicar que se trata de una distribución agrupada como resultado del método gráfico.

3.4 Presencia de especies en relación con la altura al nivel del mar

Como sabemos los tipos de bosque estudiados, se encuentran ubicados a diferentes alturas con relación a la altura sobre el nivel del mar, y es por esta razón que el tipo de vegetación también varía. El bosque 1A3c ubicado en la subcuenca del río Molino y San Pedro de Sola tiene una altura que va desde los 2000 a 2400 msnm. El bosque 2A3c y 2B3c ubicados en la parte alta de la cuenca del río Tolomosa tienen una altura que se encuentra desde los 2500 a 2900 msnm.

Figura28: Presencia de especies en relación con la altura al nivel del mar



Elevación del terreno en m

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Al comparar el muestreo de los cuatro árboles con las parcelas del método gráfico en los tres tipos de bosque, el muestreo representa la población. Así mismo se puede evaluar en estos sitios de muestreo, la abundancia, dominancia y frecuencia de las especies.

Para el bosque 1A3c al comparar el muestreo con las parcelas del método gráfico con respecto a la abundancia se pudo ver que hay una respectiva relación donde la especie más abundante es el Pino de cerró, seguido en consecuencia por las especies de Guayabo, Aliso, Espinillo y Duraznillo. La abundancia del Pino de Cerró representa un 70.8% por lo que se indica que se trata de un bosque relativamente homogéneo. Lo mismo ocurrió en los bosques 2A3c y 2B3c donde el muestreo sí representa lo que indica las parcelas del método gráfico. Donde en el bosque 2A3c la especie dominante es la Queñua con un 97.7%, lo que nos indica que se trata de un bosque homogéneo. En el bosque 2B3c la especie dominante es el Aliso con 98.9% lo que nos indica que estamos presente ante un bosque homogéneo.

Con este tipo de muestreo se puede conocer el tipo de bosque de acuerdo a las dimensiones de diámetro de los individuos a través del índice de diferenciación diamétrica el cual nos indica acerca de la regularidad de los bosques. Para el bosque 1A3c existe un bosque regular, debido a que el 93.3% de los valores se encuentran en los rangos de bajo a medio. Para el bosque 2A3c el 95.1% de los valores se ubicaron en las categorías de baja a media por lo que también es regular. En cuanto al bosque 2B3c el 92.3% también se ubican en los rangos de baja a media lo cual implica que es un bosque regular.

También se estima la asociación existente entre las especies con este tipo de muestreo es decir si las especies con quien se les asocia en mayor convivencia, si consigo mismas o con árboles de diferentes especies. Para el bosque 1A3c el 42.1% de los

árboles convivía con su misma especie, 29.8% con una especie diferente y el 25.4% con dos especies diferentes y el 2.6% con tres especies diferentes del árbol-centro. Para el bosque 2A3c el 97.9% de los árboles convivía con su misma especie mientras tan solo un 2.1% convivía con una especie diferente del árbol-centro. En cuanto al bosque 2B3c 97.4% de los árboles convivía con su misma especie y tan solo un 2.6% convivía con una especie diferente del árbol-centro.

Al evaluar los índices de distribución espacial ocurre que las especies del bosque 1A3c el Aliso se presenta de manera agrupada mientras que el duraznillo, espinillo y guayabo presentan una distribución aleatoria pero con una tendencia mínima hacia el agrupamiento, el Pino de Cerró se presenta de manera uniforme pero con una tendencia mínima hacia la aleatoriedad, pero evaluando las parcelas de método gráfico el bosque en general incluyendo a todas las especies se presenta de manera aleatoria.

Las especies del bosque 2A3c la Queñua se presenta de manera uniforme con una tendencia mínima al agrupamiento, mientras que el Aliso se presenta de manera agrupada, en los índices basados en la relación de varianza y media aritmética. Para el índice de Clark y Evans el bosque en general se presenta de manera agrupada.

Las especies del bosque 2B3c el aliso se presenta de manera uniforme pero con una tendencia al agrupamiento, mientras que la Queñua se presenta de manera agrupada. El índice de Clark y Evans el bosque en general se presenta de manera agrupada.

Al evaluar las distribuciones probabilísticas de los árboles a través de la distribución de Poisson y binomial negativa se puede observar que las especies del bosque 1A3c el Aliso y Duraznillo se presentan de manera agrupada ya que describen una distribución binomial negativa, mientras que las especies de espinillo, guayabo y pino de cerró se presentan de manera uniforme ya que no describen ni una distribución de Poisson ni una distribución binomial negativa.

Para el bosque 2A3c, en cuanto a la distribución probabilística, la especie de Queñua y de Aliso, no describen una distribución de Poisson ni tampoco una distribución de

binomial negativa, por lo tanto las especies de Queñua y Aliso se presentan de manera uniforme.

Para el bosque 2B3c, en cuanto a la distribución probabilística, la especie de Aliso se presenta de manera uniforme. Y la especie de Queñua describe una distribución de distribución binomial negativa, por lo tanto la especie de Aliso se presenta de manera agrupada.

Utilizandodiferentes tipos de modelos para determinar la distribución espacial de masas arbóreas, no siempre se llega al mismo resultado, sino que existen diferencias entre un modelo y otro, esto debido a las variables en que se basan para la deducción de las formulas para los índices son diferentes.

4.2 Recomendaciones

La investigación en los ecosistemas pre andinos muestra la necesidad de realizar estudios sobre la caracterización de los ecosistemas con el análisis de las estructuras horizontales y verticales de la vegetación. Pero esto no es suficiente con sitios de muestreo sino que es necesaria una medición global. Por lo tanto para investigaciones futuras y para refutar estos resultados se recomienda realizar una evaluación global.

El análisis estructural en los bosques estudiados deberá ser considerado para los futuros planes de manejo o las técnicas silvícolas apropiadas para ser aplicadas, donde la base sea la sustentabilidad lo cual permita su conservación.