

Análisis de Dispersión de 10 Especies Forestales de un Bosque Húmedo Tropical

Jorge Malleux O. (¹)

RESUMEN

En base a la información tomada de un inventario forestal al 2% de intensidad con fajas de 10 m. de ancho y 2.5 Km. de largo en un área de 6,000 has., se realizó un estudio sobre la distribución espacial de 10 especies forestales, utilizando cuatro métodos distintos: el índice de dispersión, grado de agregación, análisis de la distribución Poisson y método gráfico.

Se concluye que existe, en algunas especies, una tendencia al agrupamiento y que otras, de hecho, están desarrollándose en forma de agrupamientos, para lo que interviene algún factor influyente. Se realizó también una evaluación de los diferentes métodos utilizados.

SUMMARY

On the basis taken from a forest inventory of a 2% intensity with strips of 10 m. wide and 2.5 Km. long, and an area of 6,000 has. evaluations using four different methods have been done, over spatial distribution for ten (10) forest trees species. Those methods were: Index of dispersion, the grouping index, the analysis of The Poisson distribution and the graphic method. We came to the conclusion that some species have a grouping tendency and others are growing in specific stands with strong grouping tendency. The verification of the efficacy for each method has been done.

INTRODUCCION

Es ampliamente conocido el hecho de que una de las mayores dificultades para el aprovechamiento de los bosques tropicales, es la forma en que las especies forestales están distribuidas dentro del bosque, es decir, su dispersión. El hecho de que las especies forestales valiosas se hallan en forma esporádica, limita las posibilidades de un aprovechamiento y aumenta considerablemente los costos de extracción.

El conocimiento sobre el hábitat específico de cada especie no sólo facilitaría los programas de aprovechamiento, sino que especialmente ofrecería valiosa información para los trabajos de ordenación forestal, silvicultura, dendrología, etc.; con lo que se puede avanzar más aceleradamente en el desarrollo y mejoramiento de las técnicas de manejo de los bosques tropicales, en los que hasta el momento el problema más álgido es precisamente el alto grado de heterogeneidad y la compleja distribución de las especies, principalmente de las comercialmente valiosas.

El Análisis de Dispersión de las especies forestales puede representar un valioso aporte o esperanza para introducirse exitosamente en el complejo campo del estudio integral del bosque como población, y para el estudio detallado de sus componentes.

REVISION DE LITERATURA

Es relativamente escasa la bibliografía existente sobre el estudio del hábitat específico o dispersión (distribución espacial) de las especies forestales, especialmente en lo referente a bosques

¹ Ing. Forestal, Profesor Asociado del Dpto. de Manejo Forestal de la Universidad Nacional Agraria, La Molina. Lima, Perú.

tropicales. En general, en los bosques tropicales existen más de 10,000 especies forestales descritas -Loetsch (9)-, y la mayor parte de estas especies se hallan distribuidas en forma de tipos de bosques bastante heterogéneos. En el Perú se estima que la población forestal está compuesta por más de 2,500 especies, de las cuales sólo unas 685 están debidamente identificadas, Lao (8), y de estas tan sólo un pequeñísimo porcentaje (5%) son utilizadas o aprovechadas económicamente; de este 5%, aproximadamente el 80% de la comercialización total de maderas está representado por 5 u 8 especies, a saber: Cedro, Caoba, Cumala, Tornillo, Ishpingo, Moena, Ulcumano. Estas especies tienen alto valor comercial, de tal forma que pueden absorber el alto costo de extracción y transporte; sin embargo, las demás especies difícilmente pueden dejar un margen significativo de utilidades.

Es muy conocida en la terminología usada en el aprovechamiento de bosques, la palabra "Manchal", o sea, una concentración de regulares o grandes proporciones de una especie determinada, donde se puede concentrar un mayor esfuerzo físico y económico para el aprovechamiento. Capdeville (2) por ejemplo, se refiere a zonas de concentración o "manchas" que ocurren en los bosques de la Guinea, en base de lo cual elabora un croquis de ubicación de 12 manchas de la referida especie. El término asociación es posiblemente la forma más correcta de definir estas concentraciones. Goitia y Neyra (4) definen como asociación a la "comunidad de especies más o menos homogéneas y caracterizado de dos o tres especies dominantes", Malleux (12) menciona por ejemplo, las asociaciones típicas más importantes en estado natural en el bosque tropical, que generalmente se encuentran en zonas donde las condiciones climáticas y edáficas, o topográficas son muy severas. Por ejemplo, cita como una de las asociaciones más típicas las de *Mauritia sp.*, *Ficus sp.*, *Ficus*, *Simphonia*, *Virola sp.*; todas éstas sobre terrenos de mal drenaje. El término asociación forestal también es utilizado en otros trabajos con un criterio más amplio, Guerra (6), Grandes (5), usan esta denominación para áreas donde hay abundancia (no dominancia) de ciertas especies forestales, así mencionan las asociaciones *Virola*, *Cedrela*, *Simarouba* y *Eschweilera* (5), *Chimicua*, *Copal*, *Copaiba*, *Moena*, *Cumala* (6), todas estas unidades, llámense tipos forestales o asociaciones, hacen presumir la existencia de factores de agregación específicos. Malleux (11) detecta la presencia y abundancia relativa de especies por estratos, de acuerdo a una condición de vigor de vegetación íntimamente relacionada con la condición edáfica. Stallingwerf (16) menciona que la gradiente de contenidos nutrientes en el suelo es un factor determinante para el desarrollo de los estratos forestales. Boon (1) realiza un estudio para determinar la tendencia al agrupamiento de las especies forestales en Surinam, este trabajo es prácticamente uno de los pioneros en esta materia; el referido estudio realiza un análisis de la distribución Poisson para obtener los índices de agregación de las especies forestales distribuidas en sub parcelas. Hazen (7) realiza un análisis de distribución espacial en epífitas que puede aplicarse a poblaciones forestales, para lo cual propone dos métodos: a) el de las distancias y, b) el método de la relación: variancia/promedio, siendo este último el que puede utilizarse con mayores ventajas en el campo forestal.

Payandeh (15) realiza una comparación de diferentes métodos para evaluación de la distribución espacial de árboles en diferentes tipos de población, concluye que el método del cuadrado es el más eficiente y más sencillo en su aplicación. Mawson (14) realiza un interesante estudio sobre las relaciones de distancia entre individuos y puntos de muestreo en relación con la distribución espacial. Cherng, J. y Beazley (3) realizan una clasificación de los diferentes tipos de distribución espacial, mediante gráficos de distribución de frecuencias. McGuinness (10) también presenta un método simple para encontrar el grado de agregación. Malleux (13) realiza un estudio gráfico de distribución espacial para 14 especies forestales, obteniendo resultados alentadores para programas de aprovechamiento forestal.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área

Localización - El Área de Muestreo está ubicada en el Distrito de Bolognesi, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Loreto; 10 Km. al Este del Caserío Nueva Italia, en las coordenadas geográficas 10°10' Norte y 73°55'.

Clima - La zona está clasificada ecológicamente como Bosque Seco Tropical (bs-T), de acuerdo a la descripción de Tosí (17); en esta formación la precipitación anual promedio es de 1,500 mm. con una buena distribución durante el año meses con 50 mm. de precipitación 71 en los meses de lluvia, Octubre a Diciembre y, Marzo a Mayo, en que la precipitación mensual aumenta de 100 hasta 200 mm. La temperatura media anual es de 26° con mínima de 11.7° y máximas de 32.8°.

Fisiografía .- El área de trabajo denominada como Zona de Nueva Italia, tiene una zona baja de suelos hidromórficos denominada como bosque ribereño, luego sigue una terraza alta con buen drenaje e inmediatamente un área de colinas bajas suavemente onduladas, que son producto de una terraza alta disectada. El área de muestreo cuya extensión es de 12 x 5 kms. (6,000 has.), está ubicada en la zona correspondiente a la terraza alta en el límite con la zona de colinas bajas; esta área está atravesada en su parte media por el río Cumaría y su afluente el río Chullachaqui, que cuentan aparentemente con un cauce estable y un caudal permanente durante todo el año especialmente el río Cumaría.

Vegetación - La vegetación en el área del muestreo es representativa de un bosque clímax con estratos bien diferenciados, salvo áreas donde se notan rasgos de extracción de madera, especialmente Palo de Rosa; también en años anteriores parece haberse llevado a cabo extracción de maderas finas para aserrío, como Cedro y Caoba, ya que existen rasgos de cortas y transporte y además, estas especies no se han encontrado en el área, salvo un reducido número de árboles de Cedro.

Trabajo de campo - En un inventario forestal de 6,000 has., al 2% de intensidad con el sistema de fajas distanciadas en 500 mts. de 2.5 Km. de largo y 10 mts. de ancho, se tomaron datos de todos los árboles mayores de 25 cms. de Dap., separándose la información cada 100 mts.

Trabajo de Gabinete - En el Gabinete se computaron los datos de todas las especies encontradas, obteniéndose el número total de árboles y promedio por Ha.; de las 87 especies registradas se seleccionaron 10, tomando en cuenta su valor comercial y abundancia; estas 10 especies son:

<i>Nombre vulgar</i>	<i>Nombre científico</i>
Requia	<i>Guarea</i> sp.
Tornillo	<i>Cedrelinga catenaiiformis</i>
Picuro caspi	
Mashonaste	<i>Clarisia racemosa</i>
Pali sangre	<i>Pterocarpus</i> sp.
Cedro	<i>Cedrela</i> sp.
Moena alcanfor	<i>Ocotea costulata</i> (Nees) Mez.
Azúcar huayo	<i>Hymenaea</i> sp.
Cedro pashaco	Meliaceace
Espintana	Annonaceae

Para estas 10 especies se realizó un análisis completo de todas las trochas cada 100 mts. (en total se examinaron 120 Km. de trocha para cada especie), conforme se encontraba un árbol de una determinada especie, se lo ubicaba espacialmente en el gráfico general de trochas por medio de puntos, de esta forma se elaboraron 10 gráficos de distribución espacial o dispersión.

El área total muestreada se dividió en 60 blocks cuadrados de un km² cada uno (1 km x 1 km.).

Con esta información se procedió a utilizar cuatro métodos para hallar matemáticamente los índices de agregación por especie:

1) La fórmula utilizada por Hazen (7) para hallar el Índice de Dispersión:

$$ID = \frac{S^2}{X} \quad n - 1$$

donde S^2 = variancia de la distribución Poisson

$$S^2 = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}$$

2) Aplicando la fórmula de Mc Guinness (10):

$$\text{Grado de agregación} = \frac{\text{Densidad observada}}{\text{Densidad esperada}}$$

3) Prueba de significancia chi cuadrado para la distribución Poisson, graficándose la distribución de frecuencias de número de árboles por block (cuadrado) con el fin de conocer el tipo de distribución por cada especie.

4) Método gráfico, mediante la ubicación espacial de los árboles de cada especie en el área muestreada (6,000 Has.).

RESULTADOS

1 - Método del Índice de Dispersión

El Índice de Dispersión de acuerdo al método utilizado por Hazen (7) también fue aplicado, obteniéndose los siguientes resultados (en este caso también se dividió la población en 60 parcelas de 1 Km² cada una).

TABLA N° 1 Número de parcelas por frecuencia de árboles

ESPECIE	NÚMERO DE ÁRBOLES											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	\bar{X}
	NÚMERO DE PARCELAS											
Requia	17	13	15	6	2	3	1	1	1	0	1	1.91
Tornillo	19	20	10	8	3	0	0	0	0	0	0	1.266
Picuro caspi	35	15	5	3	1	0	0	1	0	0	0	0.75
Mashonaste	8	18	9	10	3	4	3	2	3	0	0	2.566
Pali sangre	16	24	7	6	3	2	1	0	1	0	0	1.533
Cedro	46	13	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0.55
Moena alcanfor	33	18	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0.666
Azucar huayo	40	15	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0.433
Cedro pashaco	33	14	9	3	0	0	1	0	0	0	0	0.783
Espintana	12	22	13	5	2	4	1	1	0	0	0	1.733

donde \bar{X} = promedio del número de árboles por parcela

Los valores de S^2 y del Índice de Dispersión para cada especie fueron

TABLA N° 2 Cálculo del Índice de Dipersión

ESPECIE	S^2	INDICE DE DISPERSION
Requia	5.059	155.7*
Tornillo	1.035	47.8
Picuro caspi	1.155	90.8*
Mashonaste	2.016	46.0
Pali sangre	1.408	54.3
Cedro	1.308	139.8*
Moena alcanfor	1.392	122.8*
Azucar huayo	1.407	192.9*
Cedro pashaco	1.587	44.2
Espintana negra	1.992	67.8

* Indican la existencia de un factor influyente en la dispersion al nivel de probabilidades de 0.99

2 - Método del Grado de Agregación

El siguiente es el cuadro obtenido de acuerdo al método utilizado por Mc Guinness (10), para lo cual se dividió la población en 60 parcelas cuadradas de 1 km² cada una, obteniéndose los siguientes resultados:

TABLA N° 3 Cálculo del Grado de Agregación

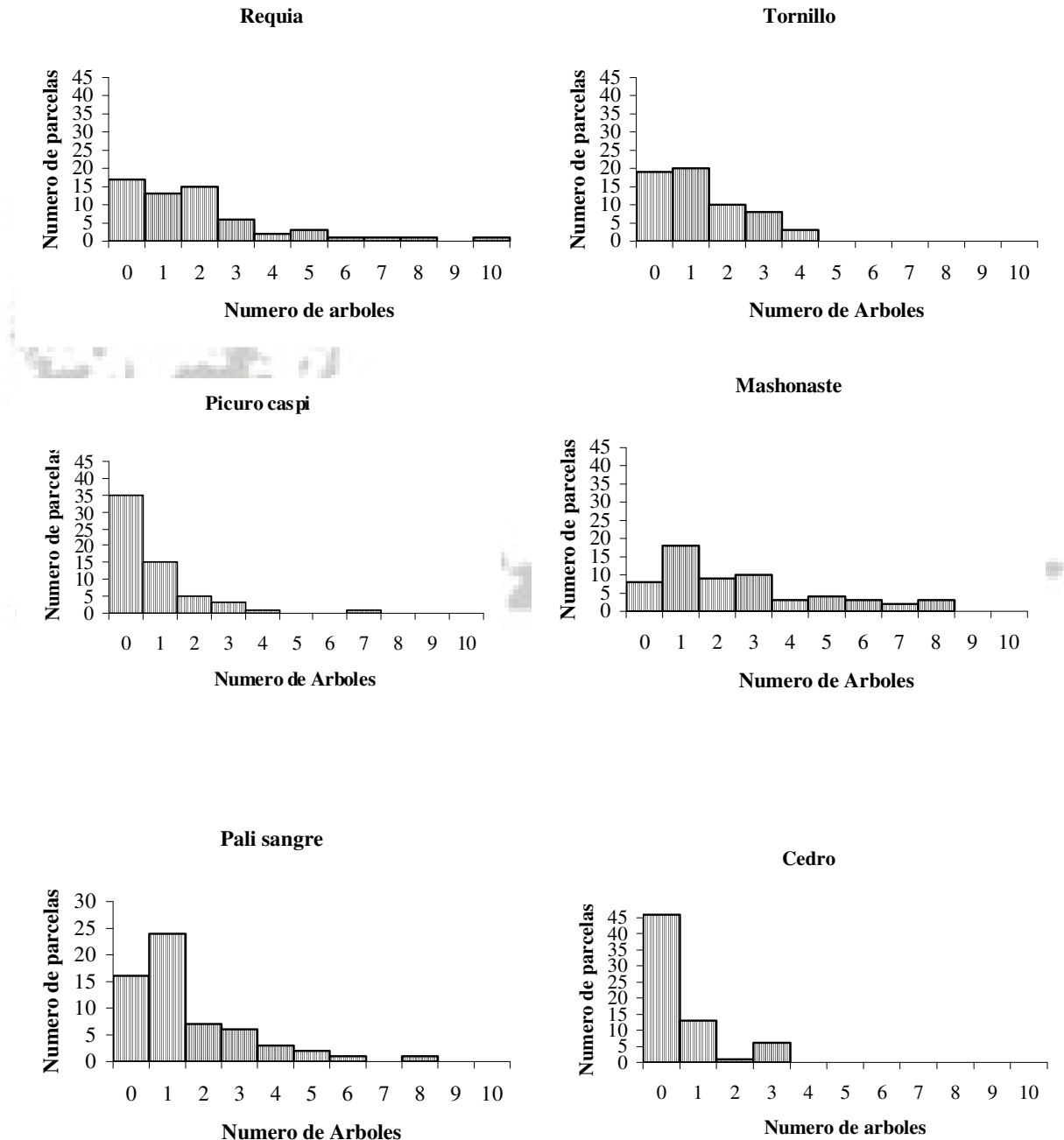
ESPECIES	Parcelas N° de	Arboles N° de	Frecuencia %	Densidad esperada	Densidad observada	Grado de agregación
Requia	42	116	70	1.20	1.93	1.78
Tornillo	39	78	65	1.05	1.30	1.12
Picuro caspi	26	45	43	0.56	0.75	1.47
Mashonaste	52	153	87	2.04	2.58	1.46
Pali sangre	42	92	70	1.20	1.53	1.02
Cedro	14	15	23	0.26	0.21	1.00
Moena alcanfor	27	40	45	0.60	0.66	1.17
Azucar huayo	19	26	32	0.39	0.43	1.05
Cedro pashaco	28	45	47	0.63	0.75	1.45
Espintana	46	105	77	1.47	1.75	1.28

* ? Indican tendencia al agrupamiento

Conforme a este sistema, un valor de D / d mayor a 1 indica una tendencia al agrupamiento y cuando D / d es mayor a 2 significa que la especie está agregada; cuando $D / d = 1$ significa que la especie tiene una distribución al azar y, cuando el valor es menor a la unidad, es una indicación de que la especie se halla dispersa.

3 - Método de la prueba de significancia para la distribución Poisson.

En primer lugar, se graficaron los resultados obtenidos de la distribución de número de árboles por número de parcelas, con el fin de observar la tendencia o tipo de distribución de frecuencias para cada especie, tal como se puede observar en las figuras 1 al 10; como puede observarse, todas las especies tienen una marcada tendencia a la distribución Poisson; en base a la interpretación de estos gráficos se realizó una prueba de significancia de Chi-cuadrado por cada especie, obteniéndose los siguientes resultados:



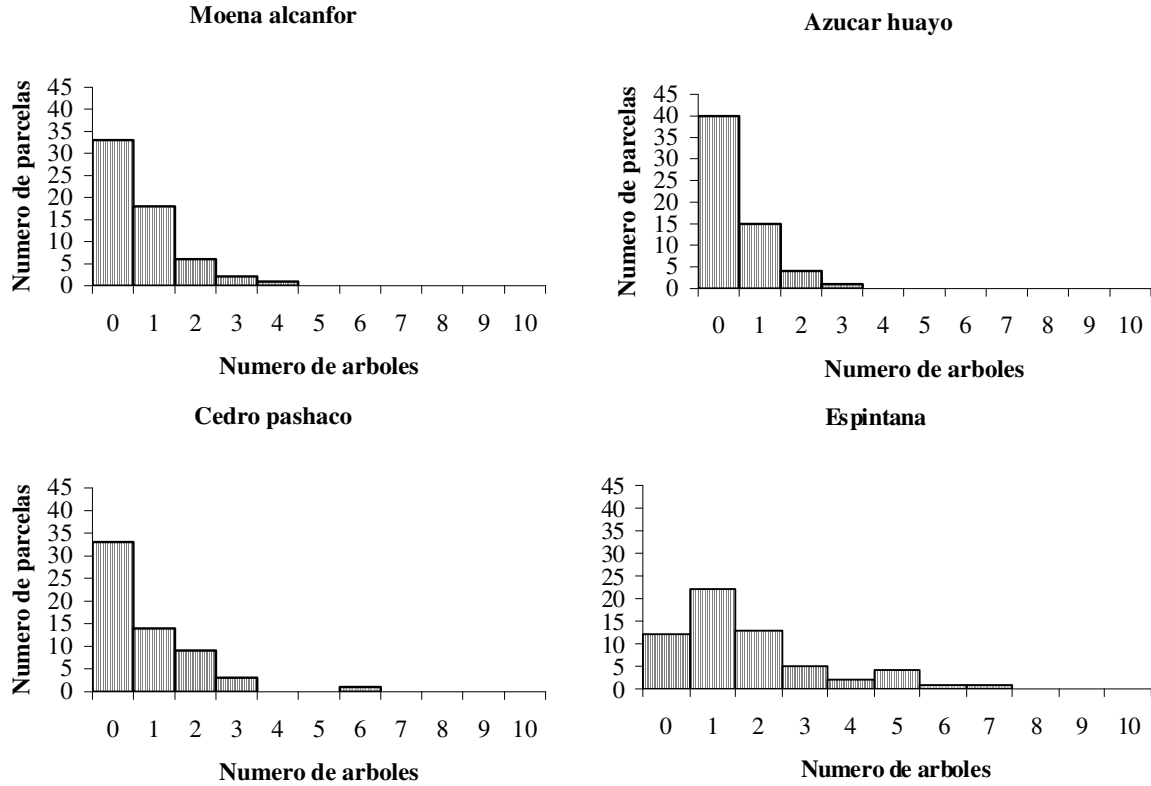


TABLA N° 4
Valores de Chi cuadrado (χ^2)

ESPECIE	χ^2
Requia	33.14
Tornillo	2.75
Picuro	16.97
Mashonaste	59.45
palisangre	10.03
Cedro	43.99
Moena alcanfor	12.90
Azucar huayo	26.97
Cedro pashaco	10.03
Espintana	15.69

El valor tabular de χ^2 para 10 grados de libertad y al nivel de probabilidad de:

0.90 = 16.0

0.99 = 23.2

** Diferencia significativa al 0.99 de probabilidades.

* Diferencia significativa al 0.90 de probabilidades.

4 - Método gráfico

Analizando todas las trochas de muestreo cada 100 mts, se ubicó espacialmente cada árbol hallado dentro del gráfico del área de muestreo, detectándose zonas de concentración tal como se puede apreciar en las figuras 11 al 20.

La interpretación de las figuras es la siguiente:

Requia	:	Tendencia al agrupamiento
Tornillo	:	Agrupado
Picuro caspi	:	Tendencia al agrupamiento
Mashonaste	:	Tendencia al agrupamiento
Pali sangre	:	No agrupado
Cedro	:	Agrupado
Moena alcanfor	:	Agrupado
Azúcar huayo	:	Agrupado
Cedro pashaco	:	Tendencia al agrupamiento
Espintana	:	No agrupado

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS

ESPECIE	METODO			
	(1) I.D.	(2) G.A.	(3) Poisson	(4) Gráf.
Requi	**	*	**	*
Tornillo		°		**
Picuro caspi	**	*	*	*
Mashonaste		*	**	*
palisangre				
Cedro	**		**	**
Moena alcanfor	**	°		**
Azucar huayo	**		**	**
Cedro pashaco		*		*
Espintana		*		

** Agrupamiento
 * Tendencia al agrupamiento
 ° Ligera tendencia al agrupamiento

DISCUSION

1) Los métodos empleados

La evaluación final de los resultados tiene que realizarse desde 2 puntos de vista para cada uno de los métodos usados y todos en conjunto.

1.- Desde el punto de vista facilidad de aplicación del método.

2.- Desde el punto de vista eficiencia del método en sí.

Un juicio definitivo requiere de un patrón de comparación a manera de testigo o representación real de la población, lo cual significaría un trabajo de muestreo al 100%; de tal manera que, es necesario optar por seleccionar uno de los 4 métodos como patrón de comparación; en este caso el 4º método, o sea el gráfico, ha sido seleccionado con este fin debido a que su información es claramente objetiva, sin embargo, también se realiza un enjuiciamiento de este método.

Fig. 11

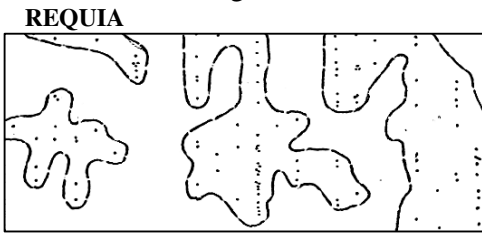


Fig. 12

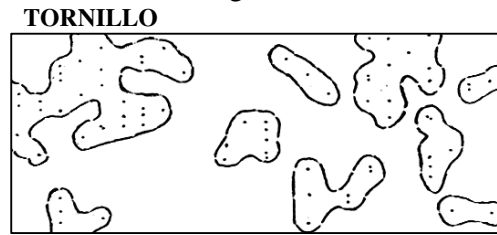


Fig. 13

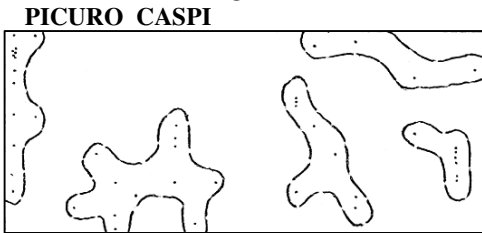


Fig. 14

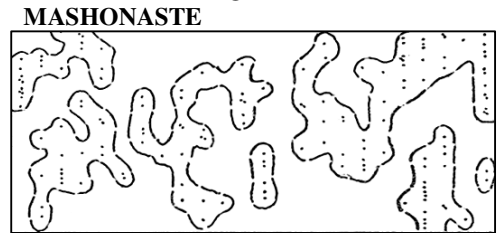


Fig. 15

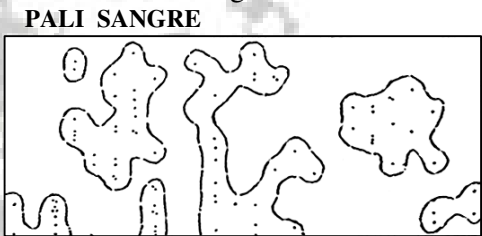


Fig. 16

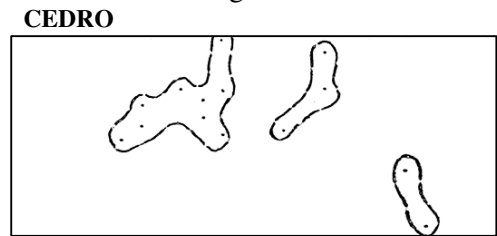


Fig. 17



Fig. 18

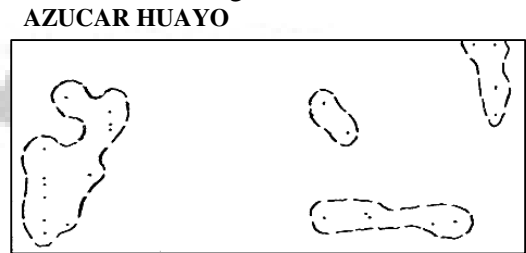


Fig. 19

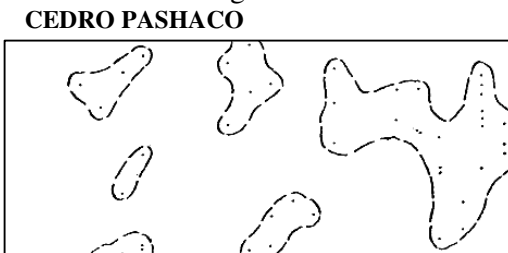
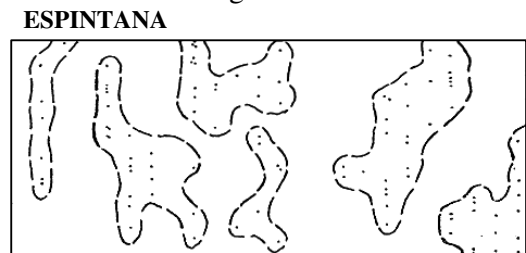


Fig. 20



El primer método, o sea el del Índice de Dispersión (I.D.) = $\frac{S^2}{X} n - 1$, es relativamente laborioso y requiere de un buen conocimiento de la estadística; sin embargo los resultados son bastante satisfactorios comparados con el método gráfico, hallándose varios puntos coincidentes tal como puede verse el cuadro resumen, solamente hay discrepancia notoria en una especie (Tornillo), que el método gráfico considera agrupada y en el método en discusión no; en las especies Mashonaste y Cedro pashaco, la discrepancia es menor o casi despreciable.

El segundo método o de el Grado de Agregación = Densidad observada / Densidad esperada es bastante sencillo de aplicar, tanto por el sistema de muestreo como por la fórmula y los cálculos a realizarse; sin embargo, presenta notorias discrepancias con los demás métodos, en especial con el del Índice de Dispersión y con el análisis de la distribución Poisson, con el método gráfico hay coincidencia en cuatro especies: Tornillo, Mashonaste, Cedro pashaco y Picuro caspi; en ambos métodos para estas especies se considera una tendencia al agrupamiento, las discrepancias serias están en el Cedro y Azúcar huayo, ésto puede ser debido a que estas especies tienen poca representación y el método del Grado de Agregación (o método del cuadrado) es influenciado por el tamaño de los blocks, Payandeh B. (15), de tal forma que sería necesario encontrar un tamaño óptimo de unidad de muestra.

El tercer método o de la distribución Poisson. Este método es algo más complicado y especialmente laborioso, pero sin embargo, es el que da una primera información sobre la tenencia al agrupamiento a manera de pauta para seguir profundizando la investigación; además, no da una información directa sobre agrupamiento o tendencia al agrupamiento, sino que detecta la presencia de factores influyentes que diferencian a la especie, de una distribución al azar.

El cuarto método: gráfico. Este método ofrece una información completamente objetiva que permite considerarlo como el más real, su aplicación o ejecución es sencilla y, en base a sus resultados, se pueden planificar sistemas de aprovechamiento, manejo y silvicultura y hacer una serie de ingerencias importantes. La dificultad está en la interpretación de los gráficos, ya que sin apoyo estadístico, la decisión de considerar a una especie como agrupada o no queda a criterio del técnico.

2) Las Especies

Este aspecto es de suma importancia, ya que permite realizar una evaluación más detallada de los hábitats de las especies y un conocimiento más profundo sobre la estructura del bosque como población y conjunto de especies.

Requia — *Guarea* sp. - Esta especie es considerada como agrupada por todos los métodos, de tal forma que existe un factor importante que determina su crecimiento sólo en determinados sitios.

Tornillo — *Cedrelinga catenaeformis* - Sólo el método gráfico la considera como agrupada y el método N° 2 (Grado de Agregación) la considera como de débil tendencia al agrupamiento, el bajo número de árboles encontrados puede influir en este resultado, en consecuencia un estudio más detallado puede aclarar el problema, ya que en la práctica, generalmente se halla a esta especie formando "manchales".

Picuro caspi— Sólo el primer método la considera como agrupada y los demás le dan una tendencia al agrupamiento. Una mayor información de campo puede también aclarar esta incógnita.

Mashonaste — *Clarisia racemosa*—El método N° 3 la considera agrupada, el 2 y 4 con tendencia al agrupamiento, en general se la puede considerar con tendencia al agrupamiento.

Pali sangre — *Pterocarpus sp.* - Ningún método la considera como agrupada, lo cual indica que esta especie tiene una distribución amplia y al azar, sin requerir de sitios específicos.

Cedro — *Cedrela sp.* — Los métodos 1, 3, 4 la consideran como agrupada y el método 2 no, una vez más se puede apreciar que el bajo número de observaciones o en todo caso el tamaño de la unidad de muestra influye fuertemente en los resultados del método 2; en conclusión, el Cedro se desarrolla en condiciones especiales de sitio.

Moena alcanfor — Lauraceae — Los métodos 1 y 4 la consideran agrupada, el método 2 con tendencia al agrupamiento y el método 3 como no agrupada; un juicio definitivo sobre esta especie estaría condicionado a un estudio más exhaustivo.

Azúcar huayo — *Hymanaea sp.* — Tres métodos (1-3-4) la consideran agregada; se concluye que la especie está influenciada por factores de agrupamiento.

Cedro pashaco — *Meliaceae* — Existe una débil tendencia al agrupamiento, por lo que se requiere de mayor información para llegar a conclusiones más definitivas.

Espintana — Annonaceae — Sólo el método 3 le da una tendencia al agrupamiento; en resumen se la puede considerar como no agregada.

CONCLUSIONES

1. Definitivamente, existen especies forestales que se desarrollan o prosperan mejor en sitios específicos de acuerdo a un factor de agrupamiento que aparentemente es el edáfico.
2. Entre los métodos utilizados, 3 (1-3-4) tienen cierta coincidencia o en todo caso no existen discrepancias notorias, en especial entre los métodos Índice de Dispersión y Método Gráfico.
3. El método gráfico permite una representación objetiva de la distribución espacial, lo que puede ser aprovechado para trabajos de aprovechamiento, silvicultura y manejo.
4. Es necesario un muestreo más intensivo con el fin de obtener resultados más definitivos.
5. Un estudio intensivo de este problema de dispersión puede ayudar significativamente a la utilización más eficiente de los bosques tropicales.

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. BOON, D.A. 1960. Evaluation of grouping tendency of the tree's on the rain tropical forest. I.T.C., Delft, Holanda.
2. CAPDEVILLE, J.M. 1947. El bosque de la Guinea, exploración y explotación. Editorial Dossat S.A., Madrid.

3. CHERNG, J., BEAZLEY, R. 1957. Classification of the spatial distribution of tree's. Forest Science, Vol. 16 N° 3.
4. GOITIA, D., NEYRA, M. 1968. Ecología Forestal. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Ciencias Forestales. (Mimeografiado).
5. GRANDES, V. 1970. Inventario Forestal Exploratorio de la zona de los Ríos Santiago y Morona. IN Perú - Inventario, Evaluación e Integración de los Recursos Forestales de la zona de los Ríos Santiago y Morona, ONERN.
6. GUERRA, W. 1966. Recurso Forestal de la zona del Río Pachitea. IN Perú. Inventario, Evaluación e Integración de los Recursos Naturales de la zona del Río Pachitea - ONERN.
7. HAZEN, W. 1966. Analysis of spatial pattern in epiphytes. Ecology, Vol. 47 N° 4.
8. LAO, R. 1971. Catálogo preliminar de las especies forestales del Perú. Revista Forestal del Perú, Vol. 3 N°1.
9. LOETSCH, F., HALLER, K.E. 1964. Forest Inventory (Volume I). BLU verlagsgesellschaft. Munchen, Basel Wien.
10. MC GUINNES, W.G. 1934. The relationship between frequency index and abundance as applied to plant populations in a semi arid region. Ecology 15:263-282.
11. MALLEUX, J., ROMERO, R. 1969. Estudio sobre los efectos de la estratificación de bosques tropicales con fines de Inventario. Revista Forestal del Perú, Vol. 3 N°1.
12. MALLEUX, J. 1971. Estratificación forestal con uso de fotografías aéreas. Universidad Nacional Agraria, La Molina. Departamento de Manejo Forestal.
13. MALLEUX, J. 1971. Inventario Forestal de los Bosques de Nueva Italia. Perú. Universidad Nacional Agraria, La Molina, 80 pp.
14. MAWSON, J.C. 1968. A Monte Carlo study of distance measures in sampling for spatial distribution in forest stands. Forest Science, Vol. 14 N° 2.
15. PAYANDEH, B. 1970. Comparison of methods for Assessing Spatial distribution of tree's. Forest Science Vol. 16 N° 3.
16. STALLINGWERF, D.A. 1966. Application of aerial photographs in Forestry. I.T.C. Publications Serie B Nos. 36-38. Delft, Holanda.
17. TOSI, J. 1960. Zonas de vida natural en el Perú. Zona Andina, Lima. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. 27 p. (IICA, Boletín Técnico N° 5).