

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE METODOS DE MUESTREO PARA
ESTIMAR DENSIDAD EN ARBUSTOS

TESIS

QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

PRESENTA

SALOME SALINAS CARMONA

MARIN, N.L.

MAYO 1981

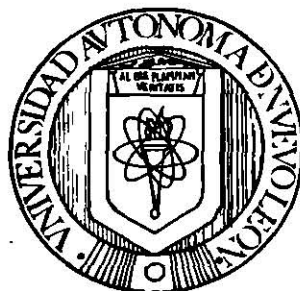
040.635
FA 9
I98I
c.5

T
SB439
S2
C.1



1080063732

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DE METODOS DE MUESTREO PARA
ESTIMAR DENSIDAD EN ARBUSTOS

TESIS
QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA
PRESENTA
SALOME SALINAS CARMONA



MARIN, N.L.

000816 *Qm*

MAYO 1981

Clasif
T
SB439
52

040.635

FA9

1981

C. 5



Biblioteca Central
Maesa Solidaria

F. Tesis



UANL

FONDO
TESIS LICENCIATURA

A mis padres

Mariano Salinas González

Adela Carmona de Salinas

por su esfuerzo y empeño en conducirme por el camino
de la educación.

A mis hermanos

Mario H. y Elva

Mario C. y Sandra

Jesús S. y Maricela

Manuela y Miguel

Raúl

A Lulú

mi compañera, con quien comparto mi vida y la dulce
espera de un hijo.

A mis compañeros y amigos

Agradezco la orientación y consejos para la realización de esta tesis de mis asesores:

Ulrico López Domínguez Ph.D

Ing. Aníbal Rodríguez Guajardo

INDICE

	PÁGINA
INTRODUCCION	1
LITERATURA REVISADA	3
MATERIALES Y METODOS	28
Descripción del área de estudio	28
Cuarto Errático	35
Parejas Aleatorias	43
Punto de Cuadrante Central	46
Orden Angular	49
El Vecino más Cercano	53
El Individuo más Cercano	56
RESULTADOS Y DISCUSION	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
RESUMEN	71
LITERATURA CITADA	74

INDICE DE TABLAS

Página

- Tabla 1. Comparación de resultados de la densidad total obtenida con cada método de muestreo en cada sitio de pastizal en una evaluación de métodos de muestreo para estimar densidad en arbustos. 1979-1980. 60
- Tabla 2. Densidad relativa y cobertura aérea de las especies encontradas en cada sitio de pastizal con el método Punto de Cuadrante Central en una evaluación de métodos de muestreo para estimar densidad en arbustos. 1979-1980. 61
- Tabla 3. Porcentajes de frecuencia de las especies encontradas en cada sitio de pastizal con el método Parejas Aleatorias en una evaluación de métodos de muestreo para estimar densidad en arbustos. 1979-1980. 62

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de pastizal en una evaluación de métodos de muestreo para estimar densidad en arbustos. 1979-1980.	32
Figura 2. Mecanismo de operación del método Cuarto Errático.	36
Figura 3. Mecanismo de operación del método Parejas Aleatorias.	44
Figura 4. Mecanismo de operación del método Punto de Cuadrante Central.	47
Figura 5. Mecanismo de operación del método Orden Angular.	50
Figura 6. Mecanismo de operación del método El Vecino más Cercano.	54
Figura 7. Mecanismo de operación del método El Individuo más Cercano.	57

INTRODUCCION

Se hace urgente la necesidad de buscar y encontrar una respuesta a las presiones engendradas por la demografía en nuestro país, principalmente en el renglón de los alimentos. Debemos buscar nuestra autosuficiencia, ya que no podemos ni debemos depender eternamente del extranjero para nuestra alimentación.

En México, el 52% del territorio nacional está formado por zonas áridas y semiáridas, a las cuales se les ha dado un uso inadecuado a través de los años, dando como resultado una degradación de los recursos naturales que éstas poseen. Esto es debido principalmente, a la falta de una investigación científica adecuada, que nos permita conocer ampliamente las características de cada uno de sus recursos naturales y su interacción con los factores que los rodean.

En el manejo de los pastizales, uno de los parámetros más estudiados es la densidad, o sea el número de individuos por unidad de superficie. A pesar de que para la interpretación de los cálculos de densidad, se hace necesaria alguna información adicional, como es la altura promedio de las plantas, la densidad tiene algunas ventajas cuando se le compara con algunos otros parámetros que se podrían estudiar o medir. Estas ventajas son, que se emplea profusamente, es de fácil

comprensión y además como se obtiene por varias técnicas se puede comparar. A esto se debe que hayan aparecido bastantes métodos con los que se puede recabar información acerca de la densidad.

Existe una literatura considerable acerca de estos métodos en los que se describe su grado de confiabilidad y sus características matemáticas. Gran parte de esta literatura está basada en investigaciones, ya sea de poblaciones artificiales de puntos o de poblaciones de árboles en distribuciones que se suponen al azar o aleatorias; a pesar de que hay algunos estudios que muestran que es muy común en vegetaciones naturales, las distribuciones distintas a las debidas al azar.

En el norte del país, para el estudio de la densidad en arbustos, por lo general se hace uso siempre de un sólo método de muestreo en el que se utilizan medidas de distancia, esto fue en gran parte la razón principal para que se efectuara una evaluación de 6 métodos de muestreo para estimar densidad en arbustos.

Los objetivos de este trabajo fueron los de conocer el mecanismo de operación de los métodos de muestreo para estimar densidad en arbustos, en los que se emplean medidas de distancia para saber si pueden ser factibles de aplicarse en áreas con disturbios.

LITERATURA REVISADA

La vegetación puede ser medida cualitativamente o cuantitativamente. Las ventajas de las medidas cualitativas son que se hacen rápidamente, resultan económicas y pueden ser muy -- descriptivas; sin embargo, presentan la desventaja de que no se pueden analizar estadísticamente. En contraste, las medidas cuantitativas sobre una vegetación, consumen mucho tiempo, algunas de ellas son costosas y en ocasiones son difíciles de realizar; sin embargo, tienen la ventaja de que se pueden analizar estadísticamente (Huss y Aguirre 1978).

A la vegetación la podemos describir en términos de frecuencia, densidad y cobertura. Estas pueden ser absolutas o relativas.

El concepto frecuencia fue desarrollado y usado por primera vez por el ecólogo danés Raukiaer (Pieper 1973). Frecuencia se puede definir como:

- a) La relación entre el número de unidades de muestreo -- en que una especie está presente y el número total de unidades muestreadas (Pieper 1973).
- b) Una expresión estadística de la presencia o ausencia de individuos en una serie de sub-muestras (Huss y --

Aguirre 1978).

- c) El número de puntos en que una especie aparece divi
da entre el número total de puntos estudiados (Cottam
y Curtis 1949).

La frecuencia se expresa en porciento de la siguiente --
forma:

- a) % frecuencia =

$$\frac{\text{número de submuestras en lo cual está presente} \times 100}{\text{número total de submuestras}}$$

(Huss y Aguirre 1978)

- b) % frecuencia =

$$\frac{\text{número de cuadrados en que una especie ocurre} \times 100}{\text{número total de cuadrados examinados}}$$

(Curtis y Mc Intosh 1950)

El concepto densidad ha traído algunas confusiones debi-
do a que es usado de forma diferente en la literatura ecológi-
ca y en la de pastizales.

Muchos ecólogos americanos y europeos definen densidad -
como:

- a) El número de individuos por unidad de área (Curtis y Mc Intosh 1950, Pieper 1973).
- b) El número de plantas o partes específicas de una planta por unidad de área (Brown 1954, Huss y Aguirre --- 1978).

En la literatura de pastizales la densidad se define como:

- a) La cantidad de tierra cubierta por la vegetación (Pieper 1973).
- b) La porción de área ocupada por la corona o el área basal de las especies (Cooper 1959, Parker 1954).

Para los que trabajan en manejo de pastizales, la densidad es un sinónimo del concepto cobertura utilizado por los ecólogos (Duvall y Blair 1963, Pieper 1973).

En ecología, el término cobertura se refiere generalmente a la porción de área cubierta por partes aéreas de especies de individuos (Brown 1954).

Huss y Aguirre (1978) definen cobertura como la proyección vertical hacia abajo de las porciones aéreas de la plan-

ta expresado como por ciento de la cubierta.

Los ecólogos han puesto mucha atención al problema de la distribución espacial de los individuos en una población (Morisita 1959).

El tratamiento matemático de los datos sobre cualquier parámetro, depende de la distribución espacial que guarden los individuos de cada especie en una asociación de plantas (Blackman 1935).

Ciertos tratamientos estadísticos de datos ecológicos están basados en la asunción, de que las plantas se encuentran dispersas al azar en su forma natural. Sin embargo, en estudios más recientes se ha demostrado, que a pesar de que algunas plantas muestran una distribución al azar, la mayor parte de las plantas están agregadas en grupos de varios tamaños (Archivald 1948, Ashby 1948, Whitford 1949, Evans 1953). Por lo tanto, antes de que cualquier tratamiento matemático se aplique, con la presuposición de una distribución al azar, se deberá de evaluar la naturaleza de dicha distribución, o bien deberán de aplicarse los métodos de muestreo para una distribución no al azar (Catana 1960).

Existen dos técnicas de muestreo para medir la densidad de individuos de una población (Strickler y Stearns 1963):

1. Utilizando los métodos de área.
2. Utilizando los métodos de medidas de distancia.

A partir del trabajo publicado por Cottam y Curtis (1949) sobre el método de Parejas Aleatorias, se han descrito muchas técnicas para la determinación de la densidad, en las cuales se emplean medidas de distancia, de punto a planta o de planta a planta.

Los métodos o técnicas para la determinación de la densidad de la vegetación, mediante el uso de medidas de distancia, se pueden agrupar en dos tipos (Strickler y Stearns 1963):

1. Para poblaciones distribuidas al azar.
2. Para poblaciones distribuidas o no al azar.

Dentro del primer grupo están incluidos los siguientes métodos:

- a) Parejas Aleatorias (Random Pairs).
- b) Punto de Cuadrante Central (Point Centered Quarter).
- c) El Individuo más Cercano (Closest Individual).
- d) El Vecino más Cercano (Nearest Neighbor).

El segundo grupo ha sido menos estudiado por los investigadores y en éste están incluidos los siguientes métodos:

- a) Orden Angular (Angle Order).
- b) Cuarto Errático (Wandering Quarter).

Cottam y sus colaboradores (1957) describieron la agregación de individuos en poblaciones homogéneas con densidad y área conocida, en términos de tres variables relacionadas entre sí, de las cuales las primeras dos determinaban la tercera. Estas variables fueron:

1. El área media del grupo (K). Se obtiene dividiendo el área de la población entre el número de grupos.
2. El área de los grupos (C). Es el área promedio que se puede obtener recorriendo con un planímetro el perímetro de cada grupo.
3. El área media en el grupo (W). Se obtiene dividiendo el área de cada grupo entre el número de individuos que contiene.

Estas variables llegan a ser difíciles de medir directamente en poblaciones naturales. El método del Cuarto Errático fue desarrollado por Catana (1960) para poder dar un muestreo de estas tres variables junto con un muestreo de la densidad de población, donde no es hecha una asunción a priori de aleatorización.

El método del Cuarto Errático es una adaptación del Punto de Cuadrante Central. En éste se sigue una secuencia de medidas a través de la población, estudiándose de una mejor forma que si se utilizaran cuatro medidas hacia puntos de muestreo seleccionados al azar. Los datos son colectados en cuatro transectos que deberán tener una dirección predeterminada.

Para poder estudiar el Cuarto Errático bajo condiciones controladas fue aplicado a poblaciones artificiales. Cátana (1960) estudió cuatro poblaciones: la población A consistió de 1 000 individuos dispersos al azar; las poblaciones B, C y D tenían arriba de 1 000 individuos demostrando varios grados de agregación. Se construyó una población especial para determinar los efectos de la inclusión de individuos dispersos al azar entre los grupos, usándose la población artificial D como base en la que se incluían conjuntos de 50 y 100 individuos (puntos) al azar entre los grupos.

Con el objeto de determinar el efecto de una población al azar de individuos con largos huecos (espacios) anormales, las poblaciones C y D fueron sobrepuestas a la población A y todos los individuos que se encontraron dentro de los límites de los grupos fueron eliminados en cada caso, dando así dos poblaciones al azar con huecos iguales a los grupos de las poblaciones C y D.

El Cuarto Errático también se aplicó al estudio de poblaciones naturales tanto en el campo como en el laboratorio, -- utilizándose mapas de poblaciones. La aplicación en el campo de este método incluyó especies arbóreas y herbáceas, con el objeto de ver sus limitaciones bajo condiciones de campo. Las poblaciones naturales fueron puestas en mapas para que se pudieran medir en el laboratorio. Mapas de áreas pequeñas de especies herbáceas fueron hechos para el uso del marco de 1 m² cubiertas por plásticos. Las plantas se cortaron al ras del suelo; los marcos se colocaron por toda el área y la posición de los tacones de cada individuo se marcó en el plástico con lápiz marcador de cera. Después cada uno de los mapas individuales fueron reproducidos por medio del Proceso Ozalid. Las áreas más grandes fueron mapeadas por el método de triangulación; las especies herbáceas se mapearon con pantógrafos y -- las especies arbóreas por medio de tránsitos.

Catana (1960) obtuvo una distancia media entre individuos para la población A de 31.62 mm que se compara favorablemente con el valor de 32.02 mm obtenido con el Cuarto Errático.

Por otra parte, Becker y Crockett (1973) vieron que el método del Cuarto Errático sobrestimaba la densidad de *Panicum virgatum* y subestimaba la densidad de *Andropogon ternarius*. En cuanto al tiempo requerido para muestrear, el Cuarto

Errático resultó ser un método rápido de aplicar en el campo.

Lyon (1968) comparó diecinueve métodos de muestreo para medir la densidad de arbustos en la Universidad de Montana y encontró que con el Cuarto Errático eran necesarios más de -- 600 muestreos para obtener una buena estimación de la densi-- dad en una población dominada por una sola especie leñosa *Artemisa tridentata*.

El método de Parejas Aleatorias o Random Pairs fue desarrollado por Cottam y Curtis (1949), para evaluar densidad, - frecuencia y dominancia en un área boscosa al suroeste de Wisconsin. Como su nombre lo indica está basado en la selección al azar de parejas de árboles, el uso de ellos, su interven-- ción en la cobertura del terreno y su reproducción como unida-- des muestreadas. Este método involucra el uso de un ángulo de exclusión que sirve para determinar a los individuos, así como las distancias que son medidas entre ellos.

El método parte de la suposición básica de que la distri-- bución de árboles en un bosque está al azar, desde una condi-- ción teórica en la que cada uno de los árboles son equidistan-- tes de todos los árboles vecinos. En un bosque perfecto (teó-- rico) los vecinos de algún árbol están arreglados en forma de un exágono regular. La división de las áreas internas del bos-- que (arboleda) que han sido nominados por un árbol, resultan

en un patrón de pequeños exágonos regulares. El radio de los círculos incluidos de cada uno de los árboles equivale a la mitad de la distancia entre un árbol y alguno de sus vecinos más cercanos.

Originalmente Cottam y Curtis (1949) usaron este método, con un ángulo de exclusión de 160° con una computación basada en la ecuación $(1/2 d)^2 \times 3.4644$ para obtener la densidad de árboles por acre. Estas ecuaciones se basan, como ya lo mencionamos, en la asunción teórica de una distribución exagonal de individuos. La ecuación para obtener el área media puede ser simplificada a $0.8661 d^2$, donde d es la distancia promedio entre árboles.

Estudios posteriores han comprobado la eficiencia de este método (Cottam, Curtis y Hale 1953, Cottam y Curtis 1956).

En el estudio de Cottam, Curtis y Hale (1953) sobre el método de Parejas Aleatorias se evaluaron diez ángulos de exclusión diferentes (comprendidos entre 0° y 340°) los cuales mostraron que las distancias obtenidas eran mayores a medida que el ángulo de exclusión era aumentado, y que este incremento era aproximadamente lineal sobre un gran rango de ángulos de exclusión. Un ángulo de 100° daba distancias iguales a la raíz cuadrada del área media, mientras que un ángulo de 180° daba distancias iguales o aproximadas al 125% de la raíz cua-

drada del área media.

En este trabajo no fue usado el ángulo de 160° , pero debido a la relación lineal encontrada entre distancias y ángulos de exclusión, se interpoló un valor a partir de valores dados para otros ángulos más grandes o pequeños. Esta interpolación indicó que el ángulo de 160° da valores de distancias iguales o aproximadas al 120% de la raíz cuadrada del área media.

El estudio hecho por estos tres investigadores, mostró que muchos ángulos a través del rango de 0° a 260° podrían ser usados para trabajos en el campo, aunque los ángulos de exclusión menores de 100° dieron datos con mayor coeficiente de variación que los ángulos mayores. Las distancias que se obtengan, pueden ser multiplicadas por su factor de corrección correspondiente, para convertirlas a la raíz cuadrada del área media.

En la práctica, un ángulo de exclusión de 180° es más fácil de medir en el campo que otros ángulos, y por esta sola razón es probablemente el ángulo de uso más práctico.

Rice y Penfound (1955) indicaron que tuvieron problemas con el método de Parejas Aleatorias debido a que la corrección dada en el trabajo original de Cottam y Curtis (1949) no

estaba lo suficientemente enfatizada o clara. Esto motivó a los autores del método a volver a examinar la computación y llegaron a la conclusión de que la ecuación original era incorrecta y dieron las siguientes (Cottam y Curtis 1955):

$$AM = \frac{d^2}{1.2} \quad \text{ó} \quad (0.83 d)^2$$

$$\text{Densidad/Acre} = 43560 \div \left(\frac{d}{1.2}\right)^2$$

Donde:

AM = Area Media

d = Promedio de distancias entre árboles

En el trabajo de Rice y Penfound (1955) no se dan las distancias promedio entre árboles vistos en su estudio, pero el cálculo a partir de su densidad por acre aparece usando la ecuación dada en el trabajo de Cottam y Curtis (1949) dándoles una distancia promedio entre árboles de 18.1 pies. La aplicación del factor de corrección de 0.83 les dió los siguientes resultados: raíz cuadrada del área media, 15.1 pies; área media, 228 pies cuadrados; árboles por acre 191.1. Los árboles por acre se compararon con el de 187.8 para el 100% del conteo hecho por Rice y Penfound. El error fue aproximadamente del 2%.

Algunas otras comparaciones interesantes de este trabajo son: el área basal promedio por árbol fue de 0.277 pies cuadrados para el método de Parejas Aleatorias y 0.278 pies cuadrados para el conteo total; el área basal por acre fue de 52.9 pies cuadrados para el Parejas Aleatorias y 52.3 pies cuadrados para el conteo total.

Las gráficas formadas de la densidad relativa y las áreas basales de dos de las especies estudiadas por el método de Parejas Aleatorias mostraron una amplia discrepancia respecto a las formadas por el conteo total. Estas discrepancias fueron debidas, como fue establecido por Rice y Penfound, al pequeño muestreo estudiado.

Solo una de las especies presentes en el bosque fue muestrada más de 30 veces por el método de Parejas Aleatorias; sobre esta cuestión el trabajo de Cottam, Curtis y Hale (1953) dice "es necesario hacer un muestreo mínimo de 30 individuos de cualquier especie antes de emitir cualquier declaración acerca de su densidad relativa en la población". Otra posible explicación fue sugerida por la presencia de errores comparatorios en los datos tomados para Hickory (nogal, americano).

El doble del número de árboles por acre del conteo total fue creado con un promedio del área basal por árbol de solo la mitad del conteo total. Esto les llevó a la sospecha de

que grupos pequeños de Hickoris (nogales americanos) estaban localizados en el bosque, y que estos grupos fueron sobremuestrados por el método de Parejas Aleatorias.

Una limitante que presenta este método es que un individuo no debe ser muestreado dos veces (Newsome y Dix 1968 citados por Mueller-Dombois 1974).

Shanks (1954) comparó la eficiencia del Parejas Aleatorias con otros métodos de muestreo para medir densidad de árboles en un bosque al este de Tennessee y concluyó que este método era muy rápido de hacer pero presentaba los siguientes problemas:

1. Tiende a dar una estimación baja de la densidad cuando las especies están agrupadas.
2. Cuando se hace un número pequeño de muestreos, el método da una distribución sesgada del número de árboles o del área basal por unidad de área.
3. La frecuencia de las especies es influida cuando se hace un número muy pequeño de muestreos.

Cottam y Curtis (1956) evaluaron cinco métodos de muestreo en tres comunidades de bosques y una población artifi---

cial distribuida al azar, resultando el Parejas Aleatorias -- uno de los métodos más exactos, ya que presentaba menos coeficiente de variación en las distintas medidas que dos de los otros métodos comparados.

El método más conocido entre nosotros, para medir la densidad en árboles o arbustos, es el llamado Punto de Cuadrante Central o Point Centered Quarter.

En el Punto de Cuadrante Central cada punto de muestreo es considerado como el centro de cuatro cuadrantes (de 90° cada uno) midiéndose la distancia al individuo más cercano a cada uno de ellos. El promedio de las cuatro distancias en todos los puntos equivale a la raíz cuadrada del área media. Esto fue demostrado empíricamente por Cottam y colaboradores -- (1953) y teóricamente por Morisita (1954). En este estudio se vió lo siguiente:

La distancia en el primer cuadrante	(Q ₁)	equivale a	0.5 \sqrt{AM}
La distancia en el segundo cuadrante	(Q ₂)	equivale a	0.8 \sqrt{AM}
La distancia en el tercer cuadrante	(Q ₃)	equivale a	1.12 \sqrt{AM}
La distancia en el cuarto cuadrante	(Q ₄)	equivale a	1.57 \sqrt{AM}

Donde:

AM = a la raíz cuadrada del área media ocupada por un individuo.

El promedio de Q_1 , Q_2 , Q_3 y Q_4 equivale exactamente a AM. Por lo anterior expuesto, no se necesita usar ningún factor de corrección cuando las cuatro distancias son promediadas.

Cottam y Curtis (1956) compararon cuatro métodos de distancia que incluían dos de punto a planta (Individuo más Cercano y Punto de Cuadrante Central) y dos de planta a planta (Vecino más Cercano y Parejas Aleatorias). Estos métodos se usaron sobre tres mapas de poblaciones artificiales y los datos obtenidos se compararon con el método del Cuadrante y con una población con parámetros ya conocidos. En este estudio se observó que el método del Punto de Cuadrante Central ofrecía algunas ventajas sobre los otros métodos, como son:

1. En cada punto de muestreo se ofrece la posibilidad de tomar más datos sobre las especies.
2. Se conocen plenamente sus características matemáticas.
3. No necesita factor de corrección, ya que la distancia media equivale a la raíz cuadrada del área media.
4. Es menos susceptible a tendencia subjetivas que otros métodos.
5. Ofrece resultados menos variables en la determinación

de distancias que otros métodos de muestreo.

Cottam y Curtis concluyeron en su trabajo que el Punto de Cuadrante Central era superior a los demás métodos estudiados y recomendaban su uso.

Dix (1961) aplicó por primera vez el Punto de Cuadrante Central al estudio de pastizales en el estado de Dakota del Norte. Se evaluó en tres pastizales durante dos estaciones diferentes del año (primavera y verano) y no mostró diferencias significativas, ésto indica que el método no es sensible a la época del año en que se aplique. Según Dix (1961) este método es muy rápido de realizar en el campo, arroja datos confiables de densidad y puede detectar rápidamente diferencias en la vegetación; ya sea que estos cambios se deban al pastoreo de las especies silvestres, fenómenos climatológicos o a factores topográficos tales como la pendiente o exposición del terreno.

Risser y Zedler (1968) estudiaron el Punto de Cuadrante Central en Wisconsin comparándolo con el método del Cuadrante en seis sitios que presentaban diferentes características de fertilidad del suelo y pendiente, así como distintos grados de dominancia de especies. En este trabajo se observó que, a medida que aumentaba el grado de agregación de las especies en los sitios, la eficiencia del método disminuía. Según es--

tos investigadores la aplicación del Punto de Cuadrante Central está en duda cuando se utiliza para estimar la densidad en pastizales.

Lyon (1968) comparó diecinueve métodos de muestreo, de área y de distancia, para calcular la densidad de la hierba amargosa *Purshia tridentata* en una población con densidad conocida. En este trabajo en el cual se incluía también el método del Punto de Cuadrante Central, se encontró que:

1. Muchos de los métodos no daban una respuesta correcta, independientemente del tamaño de la muestra.
2. Para que se pudiera obtener un grado de exactitud razonable, todos los métodos necesitaban de un número de muestreos ilógico.
3. Algunos métodos exigían mayor trabajo que si se hiciera el conteo total en una extensión de 0.4 a 0.8 hectáreas.

Según Lyon (1968) el Punto de Cuadrante Central da densidades muy bajas cuando la población que se estudia está en agregados o grupos.

Becker y Crockett (1973) estudiaron en Oklahoma siete mé

todos de muestreo para estimar densidad, con la finalidad de comparar su adaptabilidad en el campo. El trabajo lo realizaron en una llanura altamente agrupada de pastos altos con densidad conocida, obtenida mediante conteo total. En este trabajo se vió que el Punto de Cuadrante Central daba una estimación muy baja de la densidad relativa de *Andropogon ternarius*, y sobrestimaba la densidad de *Panicum virgatum*. Los valores de densidad relativa y total obtenidos con este método resultaron significativamente menos precisos que los que se obtuvieron con los demás métodos.

Lindsey y colaboradores (1958) evaluaron algunos métodos de muestreo para medir la densidad de árboles en un bosque del estado de Indiana. Ellos observaron que el Punto de Cuadrante Central era un método razonablemente exacto para valores de densidad y requería de poco tiempo para su aplicación.

El método del Punto de Cuadrante Central tiene dos limitantes para su aplicación en el campo (Newsome y Dix 1968 citados por Mueller y Dombois 1974):

1. En cada cuadrante debe localizarse a un individuo.
2. Un individuo no debe ser muestreado dos veces.

Cuando se aplica el Punto de Cuadrante Central a poblaciones con individuos que no están dispersos al azar, siempre

da estimaciones bajas de la densidad (Cottam y Curtis 1956, - Lyon 1968, Risser y Zedler 1968, Becker y Crockett 1973).

El método Orden Angular o Angle Order fue desarrollado - por Morisita (1957) para la estimación de la densidad en po- - blaciones distribuidas al azar o en grupos.

El método se basa en la suposición de que, sin tomar en cuenta la distribución, el área total de la población puede - ser dividida en una serie de pequeñas fracciones, dentro de - cada una de las cuales los individuos están distribuidos al - azar o uniformemente, y la densidad total puede ser calculada posteriormente a partir de las fracciones individuales (Stric- - kler y Stearns 1963).

Morisita (1957) estableció que el método tiene su uso -- más práctico cuando se emplean cuatro sectores (de 90° cada - uno) en cada punto y se mide la distancia a la tercer planta más cercana en cada sector. Una alternativa en la posición de los puntos de muestreo es colocar un número igual de ellos en cada una de las fracciones iguales del área a muestrear.

Según Strickler y Stearns (1963), dentro del método Or- - den Angular se pueden hacer dos estimaciones de la distancia media:

$$\bar{m}_1 = \left[\sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^b \frac{1}{r_{ik}^2} \right] \frac{n-1}{a}$$

$$\bar{m}_2 = \left[\sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^b r_{ik}^2 \right] \frac{k(nk-1)}{a}$$

Donde:

r = la distancia de la planta más cercana al punto de --
muestreo.

n = orden de la planta más cercana.

a = número de puntos muestreados.

k = número de cuadrantes por punto.

Becker y Crockett (1973) hicieron una evaluación de siete métodos de muestreo para estimar la densidad en un pastizal alto al este de Oklahoma, en el que se incluía el Orden Angular. La densidad obtenida mediante la estimación \bar{m}_1 resultaba siempre muy sobrestimada, debido a que se incluyeron 28 medidas de un centímetro o menos. Cuando estas medidas se excluyeron, la estimación \bar{m}_1 ex fue significativamente más

precisa que las que se obtuvieron mediante \bar{m}_1 y \bar{m}_0 . En este estudio se vió que el Orden Angular era un método algo rápido de desarrollar en el campo y daba resultados muy confiables de la densidad.

Lyon (1968) evaluó diecinueve métodos y variantes de los mismos para estimar la densidad de la hierba amargosa *Pursia tridentata* en una población con densidad conocida obtenida mediante conteo total. En este trabajo se concluyó que ninguno de los métodos y variantes estudiados ofrecía datos confiables, resultando el Orden Angular uno de los métodos menos imprecisos.

El método llamado El Vecino más Cercano o Nearest Neighbor es el más simple de realizar de los métodos de planta a planta. Como su nombre lo indica, el método involucra medir la distancia entre un individuo y su vecino más cercano (Pieper 1973).

Morisita (1954) demostró que en una población distribuida al azar, la distancia entre vecinos más cercanos es igual a la mitad de la raíz cuadrada del área media. Clark y Evans (1954) en su estudio llegaron a las mismas conclusiones que Morisita, pero usando otros términos y símbolos.

Cottam y Curtis (1956) estudiaron cinco métodos de mues-

treo para medir la densidad en tres comunidades de bosques y en una población artificial distribuida al azar. Con el método El Vecino más Cercano se tomaron 100 muestreos al azar, -- dando como resultado la obtención de 100 distancias medidas -- entre 200 árboles. La distancia media entre individuos identi-- ficados con este método, resultó ser aproximadamente un 60 -- por ciento de la raíz cuadrada del área media. El Vecino más -- Cercano resultó tener un coeficiente de variación más alto -- que los de los otros métodos estudiados, resultando ser sólo mejor que el método El Individuo más Cercano. Cottam y Curtis concluían sobre El Vecino más Cercano lo siguiente:

1. Da resultados menos variables que El Individuo más -- Cercano.
2. Requiere un gran número de puntos de muestreo.
3. Es un método simple de aplicar en el campo.
4. Da una estimación baja de la densidad cuando la pobla-- ción no está distribuida al azar.

Moore (1954) menciona que para estimar la densidad de in-- dividuos en una población se puede utilizar la distancia pro-- medio entre un punto seleccionado al azar y su vecino más cer-- cano. Según Moore este procedimiento se hace siempre bajo la

suposición de una distribución al azar de individuos en la comunidad.

El Individuo más Cercano o Closest Individual es de los métodos de punto a planta el más simple de aplicar en el campo. Como su nombre lo indica, el método involucra medir la -- distancia del punto de muestreo al individuo (planta) más cercano (Cottam y Curtis 1956).

Cottam y colaboradores (1953) demostraron empíricamente que la distancia media del punto de muestreo al árbol más cercano, equivale al 50 por ciento de la raíz cuadrada del área -- media ocupada por un individuo. Morisita (1954) comprobó teóricamente lo anterior. Cottam y colaboradores en su trabajo -- concluyen que, en una población distribuida al azar, las distancias entre los individuos más cercanos guardan relación -- constante con la raíz cuadrada del área media.

Cottam y Curtis (1956) estudiaron en Wisconsin cinco métodos de muestreo para la obtención de la densidad en una población artificial de individuos dispersos al azar y en tres comunidades de bosques con densidad conocida. En este trabajo se aplicaron el mismo número de puntos de muestreo (100) para cada uno de los métodos estudiados. Estos investigadores concluyeron del Individuo más Cercano lo siguiente:

1. Es muy sencillo de realizar en el campo.
2. Sólo un árbol y una distancia son medidas en cada punto de muestreo.
3. Da resultados extremadamente variables.
4. Se necesitan efectuar muchos muestreos para obtener - datos confiables.
5. Es susceptible a tendencias subjetivas.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el municipio de Marín, N.L., en el período comprendido entre agosto de 1979 y abril de 1980. El municipio de Marín, N.L. tiene una altitud de 393 metros sobre el nivel del mar y está situado entre los 25° 52' de latitud norte y 100° 03' de longitud oeste.

El clima se clasifica como BWwh con una temperatura media anual de 21°C y una precipitación promedio de 573 mm en los últimos 10 años.

Los suelos de esta región son del tipo chernozem, calcáreos de origen aluvial. La textura va de franco arenosa a franco arcillosa y tienen una estructura granular y subangular.

La vegetación se clasifica entre los tipos de Matorral Mediano Espinoso con Espinas Laterales y Matorral Alto Espinoso con Espinas Laterales, dominando las siguientes especies arbustivas:

Nombre común	Nombre científico
Junco	<i>Coerberlinia spinosa</i> Xuco

Nombre común	Nombre científico
Palo Verde	<i>Cercidium macrum</i> I.M. Johnston
Chaparro Prieto	<i>Acacia rigidula</i> Benth
Mezquite	<i>Prosopis glandulosa</i> Torr
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>
Guayacán	<i>Porlieria angustifolia</i> (Engalm) Gray
Granjeno	<i>Celtis pallida</i> Torr
Anacahuita	<i>Cordia boissieri</i> DC
Nopal	<i>Opuntia</i> spp
Uña de Gato	<i>Acacia gregii</i> Gray
Cenizo	<i>Leucophyllum texana</i> Benth

Las gramíneas nativas comprenden las siguientes especies:

Nombre común	Nombre científico
Navajita roja	<i>Boutelova uniflora</i>
Barbón bicolor	<i>Papophorum mucronulatum</i>
Tridente esbelto	<i>Tridens muticus</i>
Tridente texano	<i>Tridens texanus</i>
Pajita tempranera	<i>Setaria macrostachya</i>
Tres barbas	<i>Aristida barbata</i>

El área específica de este estudio ha sufrido disturbios por el hombre en años anteriores, ya que se le han hecho desmontes y resiembras con pasto buffel *Cenchrus ciliaris*. Esta

área ha sido pastoreada en forma inconstante a través de los años por ganado bovino y en pocas ocasiones por caprinos. Actualmente presenta una fuerte reinvasión de especies arbustivas. Bajo estas condiciones se llevó a cabo el presente estudio.

Materiales

En este trabajo se utilizaron los siguientes materiales:

1. Cuadrante de varilla formando cuatro ángulos de 90° - cada uno.
2. Angulo de 90° (de varilla)
3. Cuerda de 15 metros.
4. Cinta plástica de 25 metros.
5. Estadal

Métodos

El área sobre la cual se trabajó presenta en la vegetación diferencias marcadas y está dividida en cuatro sitios de pastizal, denominados de la siguiente manera:

Sitio 1 con el nombre de Norte.

Sitio 2 con el nombre de Sur.

Sitio 3 con el nombre de Loma.

Sitio 4 con el nombre de Panteones.

La ubicación de los sitios se muestra en la Figura 1.

Enseguida se mencionarán algunas características de cada uno de los sitios de pastizal.

Sitio 1. Norte

Este sitio se localiza en la porción norte del centro -- del rancho, tiene una superficie aproximada de 87 hectáreas. Los suelos son de origen aluvial, profundos (más de 50 cm), - la textura es arcillosa, son de color café grisáceo oscuro - con un pH de 7.3. Los suelos son pobres en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. La pendiente es ondulada con un 4 a 8% de inclinación, mostrando un alto grado de erosión. -- Las especies arbustivas que más se observan son: Mezquite *Prosopis glandulosa*, Huizache *Acacia farnesiana*, Chaparro prieto *Acacia rigidula*, Palo verde *Cercidium macrum* y Guayacán *Porlieria angustifolia*.

Sitio 2. Sur

Este sitio se localiza en la porción sur del centro del

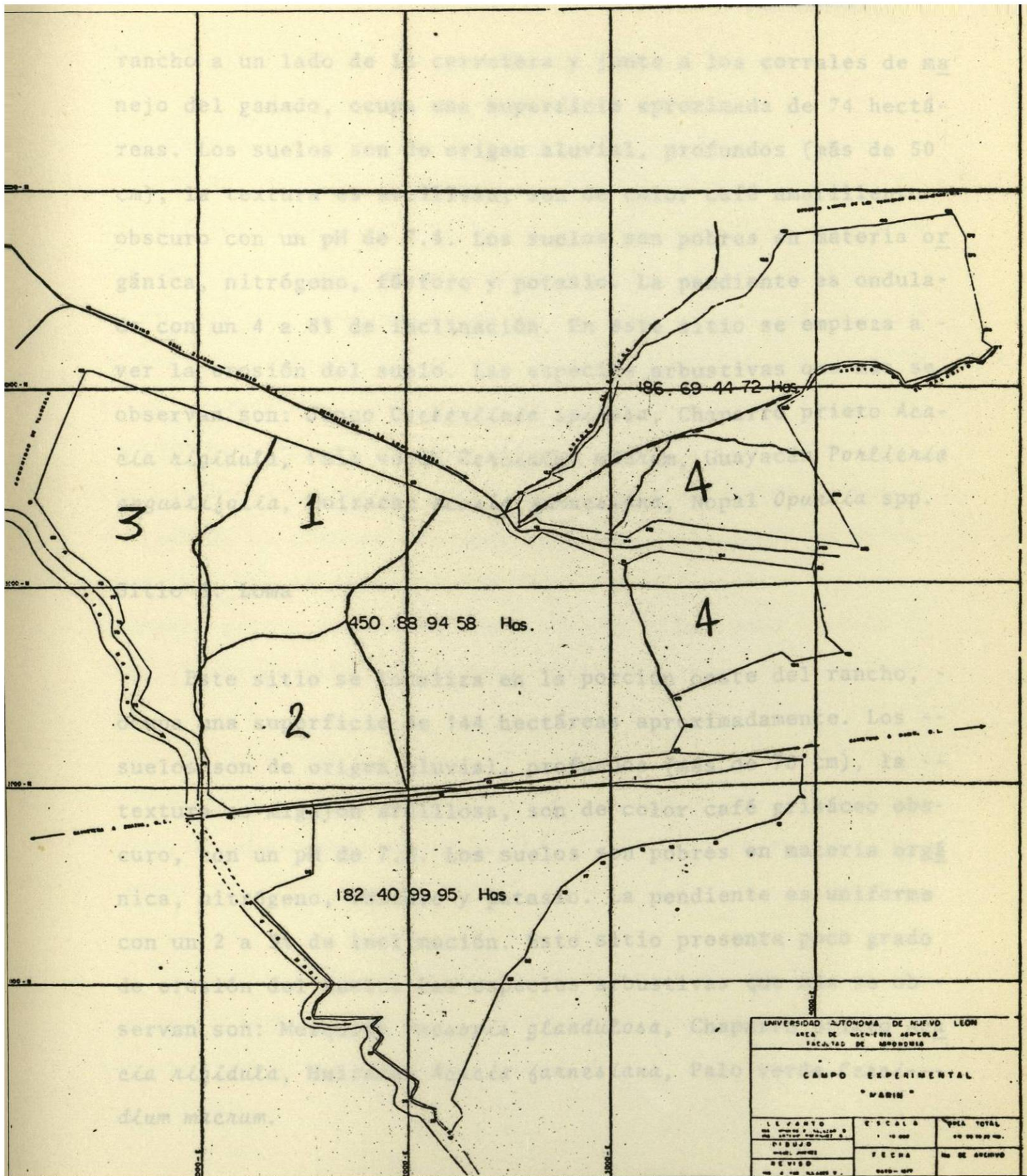


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de pastizal en una evaluación de métodos de muestreo para estimar densidad en arbustos. 1979-1980.

rancho a un lado de la carretera y junto a los corrales de manejo del ganado, ocupa una superficie aproximada de 74 hectáreas. Los suelos son de origen aluvial, profundos (más de 50 cm), la textura es arcillosa, son de color café amarillento - obscuro con un pH de 7.4. Los suelos son pobres en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. La pendiente es ondulada con un 4 a 8% de inclinación. En este sitio se empieza a ver la erosión del suelo. Las especies arbustivas que más se observan son: Junco *Coerberlinia spinosa*, Chaparro prieto *Acacia rigidula*, Palo verde *Cercidium macrum*, Guayacán *Porlieria angustifolia*, Huizache *Acacia farnesiana*. Nopal *Opuntia* spp.

Sitio 3. Loma

Este sitio se localiza en la porción oeste del rancho, - ocupa una superficie de 144 hectáreas aproximadamente. Los -- suelos son de origen aluvial, profundos (más de 70 cm), la -- textura es migajón arcillosa, son de color café grisáceo obscuro, con un pH de 7.3. Los suelos son pobres en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. La pendiente es uniforme con un 2 a 3% de inclinación. Este sitio presenta poco grado de erosión del suelo. Las especies arbustivas que más se ob--servan son: Mezquite *Prosopis glandulosa*, Chaparro prieto *Acacia rigidula*, Huizache *Acacia farnesiana*, Palo verde *Cerci---*
dium macrum.

Sitio 4. Panteones

Este sitio se localiza en la porción este del rancho, a un lado del panteón municipal, ocupa una superficie aproximada de 47 hectáreas. Los suelos son de origen coluvial, profundos (más de 50 cm), la textura es migajón arcillosa, son de color café grisáceo con un pH de 7.4. Los suelos son pobres en materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. La pendiente es sumamente quebrada con un 9 a 16% de inclinación, presentándose algo de erosión. En este sitio se han hecho algunas prácticas de manejo como son el trazo de curvas de nivel y siembras de chamizo *Atriplex canescens*. Las especies arbustivas que más se observan son: Palo verde *Cercidium macrum*, Chaparro prieto *Acacia rigidula*, Chaparro amargoso *Castela texana*, Granjeno *Celtis pallida* y Guayacán *Porlieria angustifolia*.

En cada uno de estos sitios se aplicaron los métodos de muestreo mencionados en un principio. El área de estudio comprendió 352 hectáreas en total.

A continuación se describe la forma en que se aplicaron y desarrollaron en el campo cada uno de los seis métodos de muestreo utilizados en este trabajo.

Cuarto Errático o Wandering Quarter

Se escogió, en el área de cada sitio, un punto al azar, el cual se orientó hacia un punto de referencia siempre fijo; enseguida se colocó un ángulo de 90° con su vértice orientado hacia el punto fijo (las referencias que se tomaron como puntos fijos fueron cerros, papalotes, casas, etc), posteriormente se escogió el arbusto que, estando dentro del ángulo de 90° se encontraba más cerca del vértice de este ángulo. Enseguida se colocó el ángulo de 90° en la base del tallo del arbusto - con el vértice orientado hacia el punto fijo, midiéndose la distancia entre el vértice del ángulo y la planta más cercana dentro de los 90°. Este procedimiento se repitió 25 veces en cada uno de los cuatro transectos utilizados en cada sitio de pastizal (Figura 2).

El procedimiento que a continuación se describe es el sugerido por Catana (1960) para la obtención de la densidad con el método del Cuarto Errático o Wandering Quarter.

Los datos de los cuatro transectos se combinan y la distancia media entre individuos se calcula usando la siguiente fórmula:

$$(1) \quad d_m = (d_1 + d_2 + \dots + d_n)/N$$

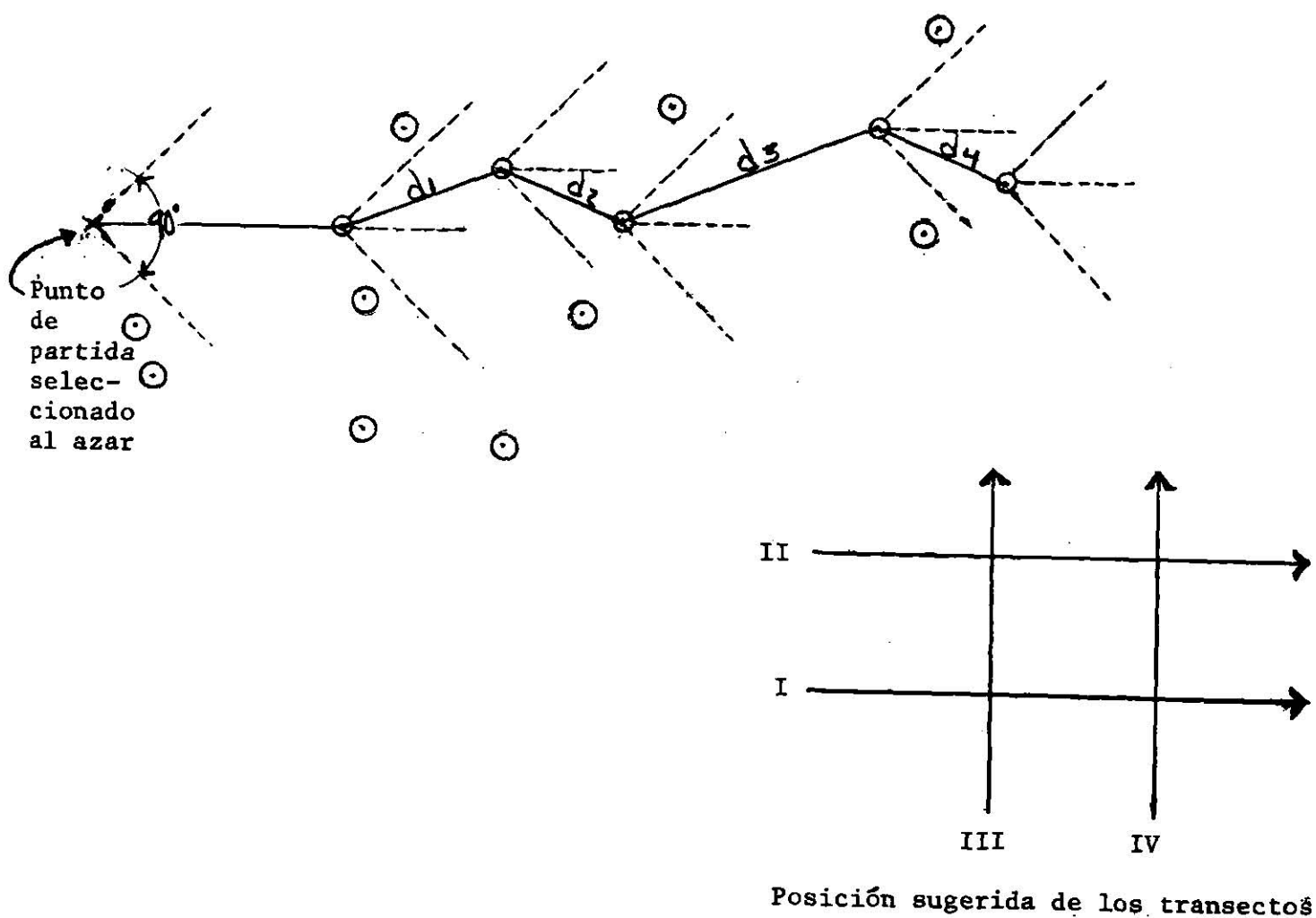


Figura 2. El método Cuarto Errático. La X es el punto de partida seleccionado al azar para cada transecto. Las líneas horizontales punteadas son la dirección de la brújula. Las líneas continuas son las distancias medidas entre individuos. Adaptado de Catana (1960).

donde $d_1, d_2 \dots d_n$ son las distancias entre individuos y N es el número total de esas distancias tomadas en la población.

Con todas las distancias obtenidas de la población se --
construye una gráfica de distribución de frecuencia, y la Mo-
da y la Mediana se calculan por las siguientes fórmulas:

$$(2) \text{ Mediana} = L + \frac{N/2 - S}{f} i$$

donde:

L = Es el límite más bajo de la clase mediana.

N = Es la frecuencia total (total de puntos).

S = La suma parcial hacia arriba de la clase mediana.

f = Frecuencia de la clase mediana.

i = Ancho del intervalo de la clase mediana.

$$(3) \text{ Moda} = \text{Media} - 3(\text{Media} - \text{Mediana})$$

Esta última fórmula, según Catana (1960), da una respues-
ta inadecuada para los datos muy extremos de poblaciones alta-
mente agrupadas. Sin embargo, la mediana da una buena estima-
ción de la Moda en tales casos y puede ser usada en lugar de
la Moda en cálculos posteriores.

El siguiente paso es hacer una separación de las distancias medidas dentro de los grupos (Y) y entre distancias dentro de los grupos (X). Esta separación se hace tomando el valor que resulte de la fórmula de (3) Moda, o el de (2) Mediana, en el caso de que los datos sean perjudicialmente extremos, como el límite más bajo de los valores de (Y).

Si la población presenta una distribución al azar no tiene que ser obtenida la separación de distancias en valores (X) y (Y), ya que todos los valores caen dentro del límite (3).

En poblaciones al azar, como ya lo mencionamos, la distancia media entre individuos obtenida por el método de Punto de Cuadrante Central debe ser igual a la raíz cuadrada del área media de los individuos Morisita (1954). Esta relación también puede ser tomada para las distancias del método del Cuarto Errático (este método toma solamente uno de los cuatro cuadrantes en cada punto). Por lo tanto el número de individuos por unidad de área en una población dispersa al azar puede ser calculada por medio de la siguiente fórmula:

$$(4) \quad AM = (d_m)^2$$

donde AM es el área media de los individuos en término de d; la distancia media se calcula con la fórmula (1) y la densidad (D) por unidad de área se obtiene de la ecuación (5).

$$(5) \quad D = A/AM$$

Si la separación modal produce una separación en valores (X) y (Y) se utiliza el siguiente procedimiento para el cálculo del número de individuos por unidad de área.

La distancia media en el grupo (Y_m) es igual a la suma de las distancias menores que la (3) Moda, dividida entre el número de tales valores obtenidos (N'), según se indica en la ecuación (6).

$$(6) \quad Y_m = (Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n)/N'$$

La distancia media entre los grupos (X_m) se obtiene dividiendo la suma de los valores mayores que la (3) Moda entre el número de tales valores obtenidos (N''), esto resulta de la ecuación:

$$(7) \quad X_m = (X_1 + X_2 + \dots + X_n)/N''$$

El número de distancias obtenidas entre los grupos, frecuentemente es muy pequeño, por lo que se podría hacer una determinación de las varianzas de las distancias (X) para determinar si se obtuvo un muestreo adecuado. El criterio que se usa para saber lo anterior, es de que el error estandar de la media sea menor del 10%. Si se obtuvo un muestreo inadecuado

de las distancias entre grupos, el número necesario de tales distancias puede ser obtenido por la ecuación:

$$(8) \quad N'' \text{ (req)} = (10 \text{ CV})^2$$

donde:

$N'' \text{ (req)}$ = Número de distancias entre grupos requerido - en órden, para tener el error estandar de la media de esas distancias menor al 10%.

CV = Coeficiente de variación calculado de la muestra ya existente de distancia entre grupos.

El número adicional de distancias entre grupos se obtiene recorriendo y muestreando transectos adicionales.

Si la distancia media en el grupo es reducido a la unidad (reduciendo así todas las otras medidas en la población correspondiente), la relación entre el número de individuos por grupo (N) y el radio del grupo con la distancia media en el grupo reducido a la unidad (R_1) puede ser determinada.

El diámetro del grupo con las distancias en el grupo reducidas a la unidad se obtiene por:

$$(9) \quad Z_1 = (1.18) \frac{\text{Número obtenido de valores de Y}}{\text{Número de grupos interceptados}}$$

El radio del grupo bajo las mismas condiciones anteriores resulta de:

$$(10) \quad R_1 = Z_1/2$$

La relación entre el número de individuos por grupo (N) en alguna población dada, y el radio del grupo con la distancia media en el grupo reducida a la unidad, se obtiene por la ecuación:

$$(11) \quad N = 3 R_1^2 + 3 R_1 + 1$$

El área media de los individuos en el grupo (W), asumiendo una distribución al azar en el grupo, debe ser igual al cuadrado de la distancia media en el grupo.

$$(12) \quad W = Y_m^2$$

Conociendo el área media de los individuos en el grupo (W) y el número de individuos por grupo (N), el área del grupo (C) debe ser igual al producto de esas dos cantidades:

$$(13) \quad C = WN$$

Si se asume que los grupos son aproximadamente circulares, el diámetro medio actual del grupo (Z_m) puede ser calculado aplicando la ecuación para el área de un círculo:

$$(14) \quad Z_m = 4 C/\pi$$

Igualmente, si se asume una distribución al azar de los grupos en el espacio, el área media de los grupos (K) debe ser igual al cuadrado de la distancia media entre los centros de los grupos. La distancia media entre centros de los grupos debe ser igual a la distancia media entre periferias del grupo (X_m) más dos veces el radio medio de los grupos (Z_m). Por lo tanto:

$$(15) \quad K = (X_m + Z_m)^2$$

El número de grupos por unidad de área debe ser igual a la unidad de área (A) dividida entre el área media de los grupos (K):

$$(16) \quad \text{Número de Grupos} = A/K$$

Conociendo el número de grupos por unidad de área y el número de individuos por grupo (N), la densidad por unidad de área (D) debe ser igual al número de grupos por unidad de área por el número de individuos por grupo:

$$(17) \quad D = (\text{número de grupos}) (N)$$

Parejas Aleatorias o Random Pairs

Se determinó una línea imaginaria a través del área a estudiar, escogiéndose en esa línea un punto a partir del cual se caminaron 25 metros, tomándose este lugar como un punto de muestreo. El arbusto más cercano a este punto se localizaba - para después formar un ángulo de exclusión de 180° , que tenía como vértice (eje) al punto de muestreo y como bisectriz a la línea formada entre este punto y su arbusto más cercano, obteniéndose un ángulo de 90° en cada lado de la línea. Posteriormente se localizaba el arbusto que estando fuera de el ángulo de exclusión de 180° , fuera el más cercano al primero. Enseguida se procedía a medir la distancia entre los 2 arbustos - (Figura 3). Una vez anotada la distancia se volvía al punto de muestreo, a partir del cual se caminaban nuevamente 25 metros sobre la línea imaginaria para volver a repetirse este procedimiento. En total esta operación se realizó 25 veces en cada una de las 3 líneas trazadas en cada sitio de pastizal.

El procedimiento que se describe a continuación es el sugerido por Cottam y Curtis (1956) para la obtención de la densidad con el método de Parejas Aleatorias o Random Pairs.

Los datos de las 3 líneas se combinan y la distancia media (dm) entre individuos se calcula usando la siguiente fórmula:

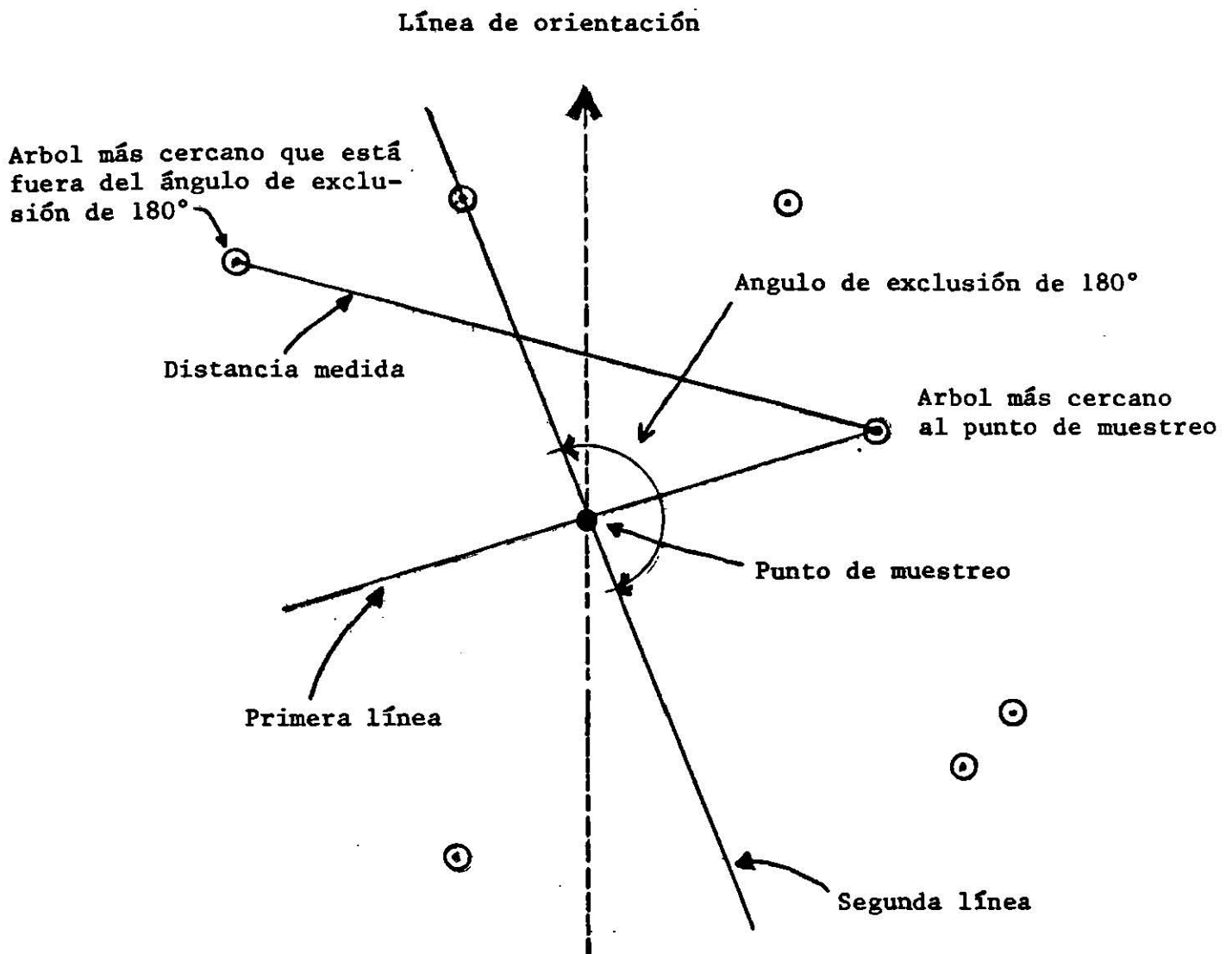


Figura 3. El método Parejas Aleatorias. La línea punteada es la dirección fija del compás. Adaptado de Mueller y Dombois (1974).

$$dm = (d_1 + d_2 + \dots + d_n)/N$$

donde:

d_1, d_2, \dots, d_n son las distancias entre individuos y N es el número total de muestreos.

Como el ángulo usado fue de 180° la distancia media se -- multiplica por un factor de corrección de 0.8, con el cual se obtiene la distancia media corregida. El área media (A.M.) ocupada por un individuo se obtuvo con la ecuación siguiente:

$$A.M. = (0.8 \, dm)^2$$

La densidad (D) por unidad de área se obtuvo con la si-- guiente fórmula:

$$D = \frac{10\,000 \, m^2}{A.M.}$$

Punto de Cuadrante Central o Point Centered Quarter

Se escogía al azar, en el área de estudio, un punto de muestreo sobre el cual se colocaba el instrumento que tenía cuatro cuadrantes de 90° cada uno; enseguida se procedía a buscar el arbusto que estuviera más cerca al eje de cada uno de los cuatro cuadrantes, para anotar su distancia, su altura y su cobertura aérea (Figura 4). La altura se medía con el estadal y la cobertura aérea se medía en cruz sobre la copa del arbusto con una cinta métrica. Este procedimiento se repitió 30 veces en cada uno de los sitios de pastizal.

El procedimiento que se describe a continuación es el sugerido por Huss y Aguirre (1978) para el cálculo de la densidad absoluta o relativa con el método del Punto de Cuadrante Central o Point Centered Quarter.

$$\text{Distancia media (dm)} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{4 \times \text{número de muestreos}}$$

donde:

d_1, d_2, d_3, d_n son las distancias del punto de muestreo al arbusto más cercano.

2. Area Media (A.M.)

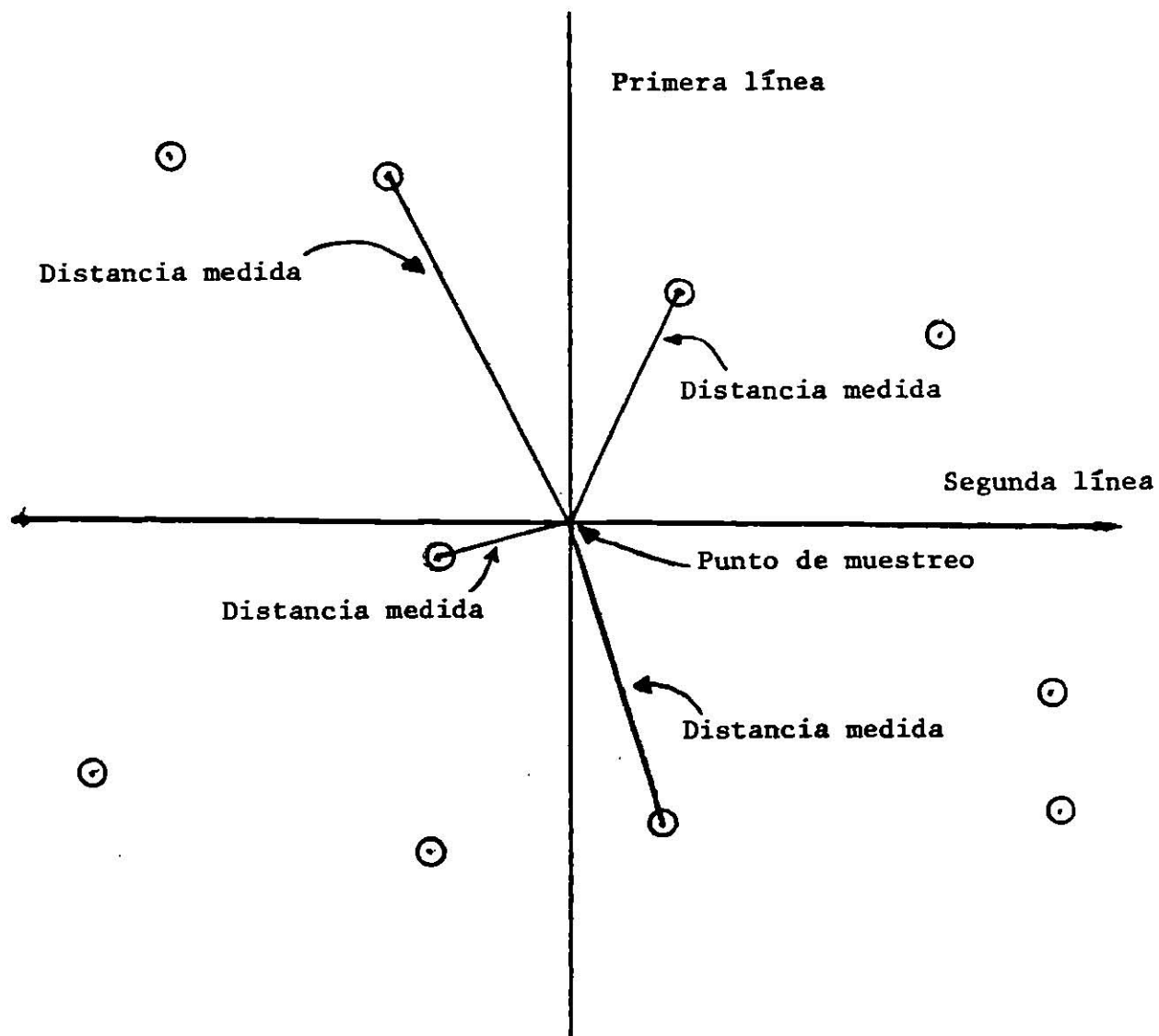


Figura 4. El método Punto de Cuadrante Central. El punto de muestreo puede ser escogido al azar o sistemáticamente. Adaptado de Mueller y Dombois (1974).

$$3. \text{ Densidad/hectárea} = \frac{10\ 000\ \text{m}^2}{\text{A.M.}}$$

$$4. \text{ Porcentaje de cada especie} = \frac{\text{total de distancias medias para cada especie}}{\text{total de distancias medias de todas las especies}} \times 100$$

$$5. \text{ Densidad relativa} = \text{Densidad total de todas las especies} \times \% \text{ de cada especie.}$$

Orden Angular o Angle Order

La operación de este método es semejante al del Punto -- del Cuadrante Central, con la diferencia de que con el Orden Angular se midió la distancia al tercer arbusto más cercano - al eje en cada uno de los cuatro cuadrantes de 90° (Figura 5). En total se hicieron 30 muestreos al azar en cada uno de los sitios de pastizal.

A continuación se describe el procedimiento sugerido por Strickler y Stearns (1963) para el cálculo de la densidad con el método Orden Angular o Angle Order.

Se seleccionaron al azar puntos de muestreo ($i = 1 \dots a$) por toda el área, después se dividió el área alrededor de cada punto (i) en sectores equiangulares ($K = 1 \dots b$), y se midió la distancia (r) a la tercer planta más cercana (n) en cada sector.

Se hicieron 2 estimaciones de distancias media de la siguiente manera:

$$\bar{m}_1 = \left[\sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^b \frac{1}{r_{ik}^2} \right] \frac{n-1}{a}$$

$$\bar{m}_2 = \left[\sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^b \frac{1}{r_{ik}^2} \right] \frac{k(nk-1)}{a}$$

donde:

r = la distancia de la planta más cercana al punto de --

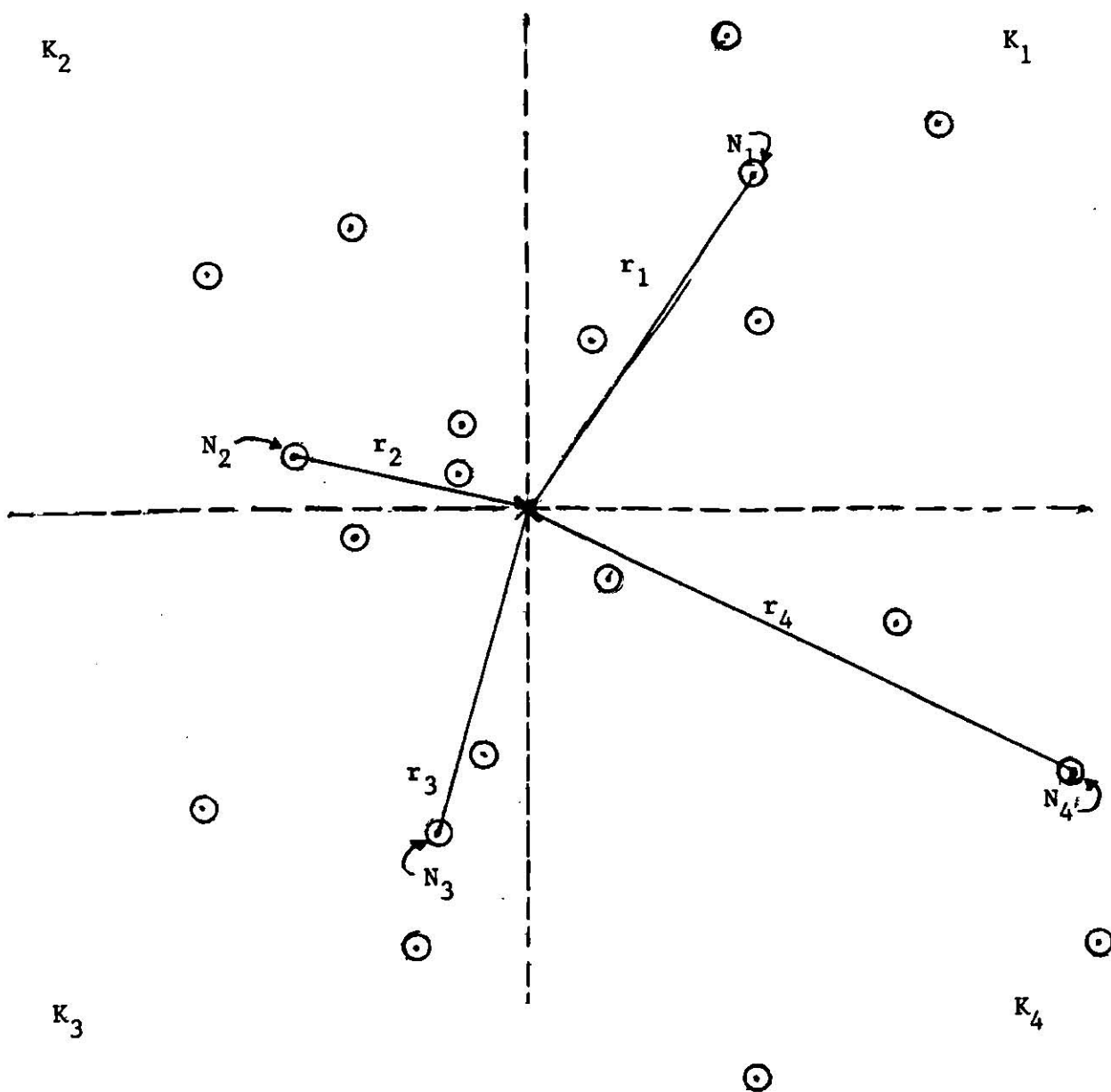


Figura 5. El método Orden Angular. La X es el punto de muestreo escogido al azar. Las líneas punteadas dividen el área alrededor del punto de muestreo en sectores equiangulares (K). Las líneas continuas representan las distancias medidas (r) a la tercer planta (N) - más cercana en cada sector. Adaptado de Strickler y Stearns (1963).

muestreo.

n = orden de la planta más cercana (3a)

a = número de puntos muestreados (30)

k = número de cuadrantes por punto (4)

La estimación \bar{m}_1 se obtuvo usando la suma de las recíprocas de las distancias elevadas al cuadrado en cada sector de todos los puntos de muestreo. La estimación \bar{m}_2 se obtuvo elevando al cuadrado las distancias medidas en cada sector; los valores al cuadrado son sumados en cada punto y la recíproca de la suma es determinada.

Las estimaciones son comparadas y si \bar{m}_1 es mayor que \bar{m}_2 , la densidad (D) por unidad de área se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{\bar{m}_1}{\pi}$$

Si \bar{m}_1 es menor que \bar{m}_2 , se calcula el promedio de las dos estimaciones (\bar{m}_0) mediante la siguiente ecuación:

$$\bar{m}_0 = \frac{m_1 + m_2}{2}$$

En el caso de que \bar{m} resultara menor que \bar{m}_2 , la densidad (D) por unidad de área resulta mediante la fórmula siguiente:

$$D = \bar{m}_0 / \pi$$

El Vecino más Cercano o Nearest Neighbor

Se escogió al azar un arbusto el cual se tomó como un punto de muestreo, y enseguida, se midió la distancia al arbusto más cercano a este punto (Figura 6). Este procedimiento se repitió 25 veces en cada sitio de pastizal.

A continuación se describe el procedimiento sugerido por Cottam y Curtis (1956) para calcular la densidad con el método El Vecino más Cercano o Nearest Neighbor.

La distancia media entre individuos (dm) se calcula usando la siguiente fórmula:

$$dm = (d_1 + d_2 + \dots + d_n) / N$$

donde:

d_1, d_2, \dots, d_n son las distancias entre individuos y N es el número total de muestreos.

La distancia media se multiplica por un factor de corrección de 1.67, con el cual se obtiene la distancia media corregida. El área media (A.M.) ocupada por un individuo se obtuvo con la ecuación siguiente:

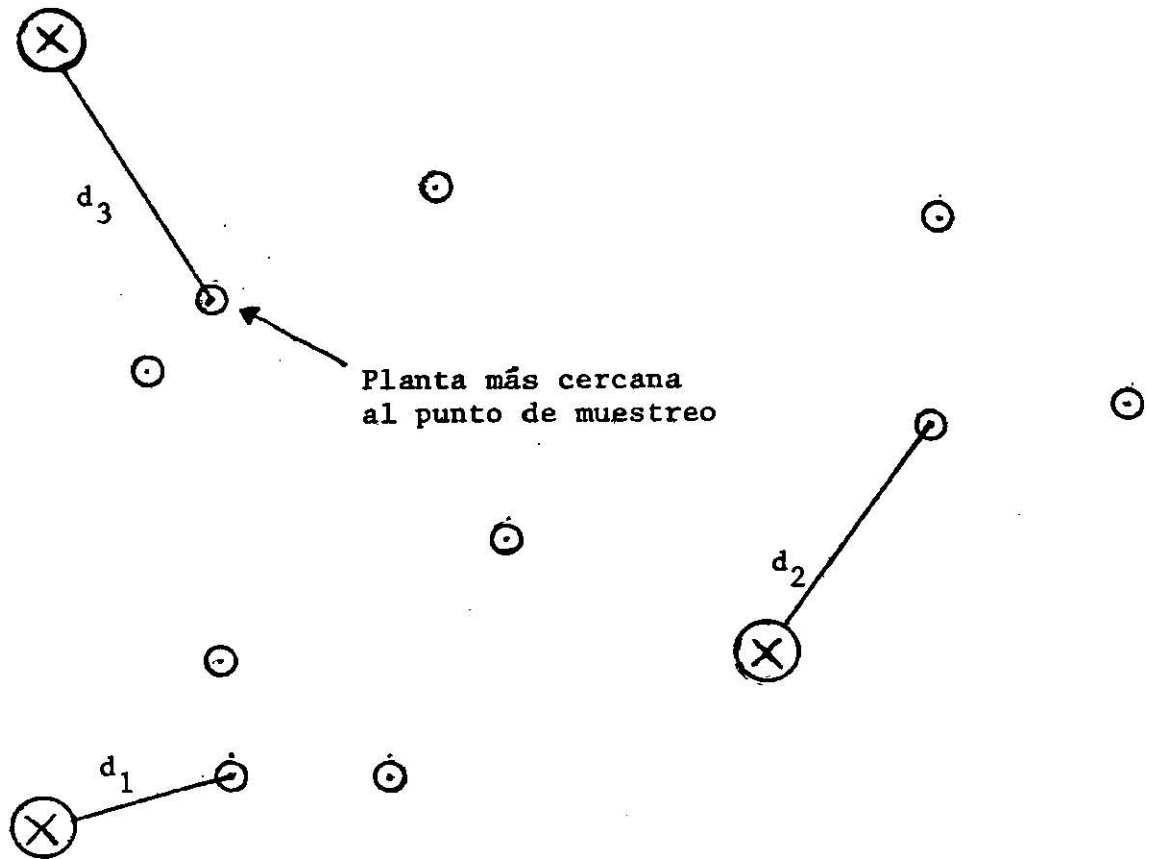


Figura 6. El método El Vecino más Cercano. Las X son las plantas (escogidas al azar) tomadas como punto de muestreo. Las líneas continuas representan las distancias medidas del punto de muestreo a la planta más cercana.

$$A.M. = (1.67 \text{ dm})^2$$

La densidad (D) por unidad de área se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$D = \frac{10\,000 \text{ m}^2}{A.M.}$$

El Individuo más Cercano o Closest Individual

El área a estudiar se recorrió a pie, deteniéndose el observador en cualquier lugar (este lugar era tomado como un - punto de muestreo) de donde se medía la distancia de la punta de su zapato al arbusto más cercano (Figura 7). Este procedi- miento se repitió 25 veces en cada sitio de pastizal.

A continuación se describe el procedimiento sugerido por Cottam y Curtis (1956) para calcular la densidad con el méto- do El Individuo más Cercano o Closest Individual.

La distancia media (d_m) entre individuos se calcula usan- do la fórmula siguiente:

$$dM = (d_1 + d_2 + \dots + d_n) / N$$

donde:

$d_1, d_2 \dots d_n$ son las distancias entre el punto de - muestreo y el arbusto más cercano y N es el número total de muestreos.

La distancia media se multiplica por un factor de correc- ción de 2.0 con el cual se obtiene la distancia media corregi- da. El área media (A.M.) ocupada por un individuo se obtuvo -

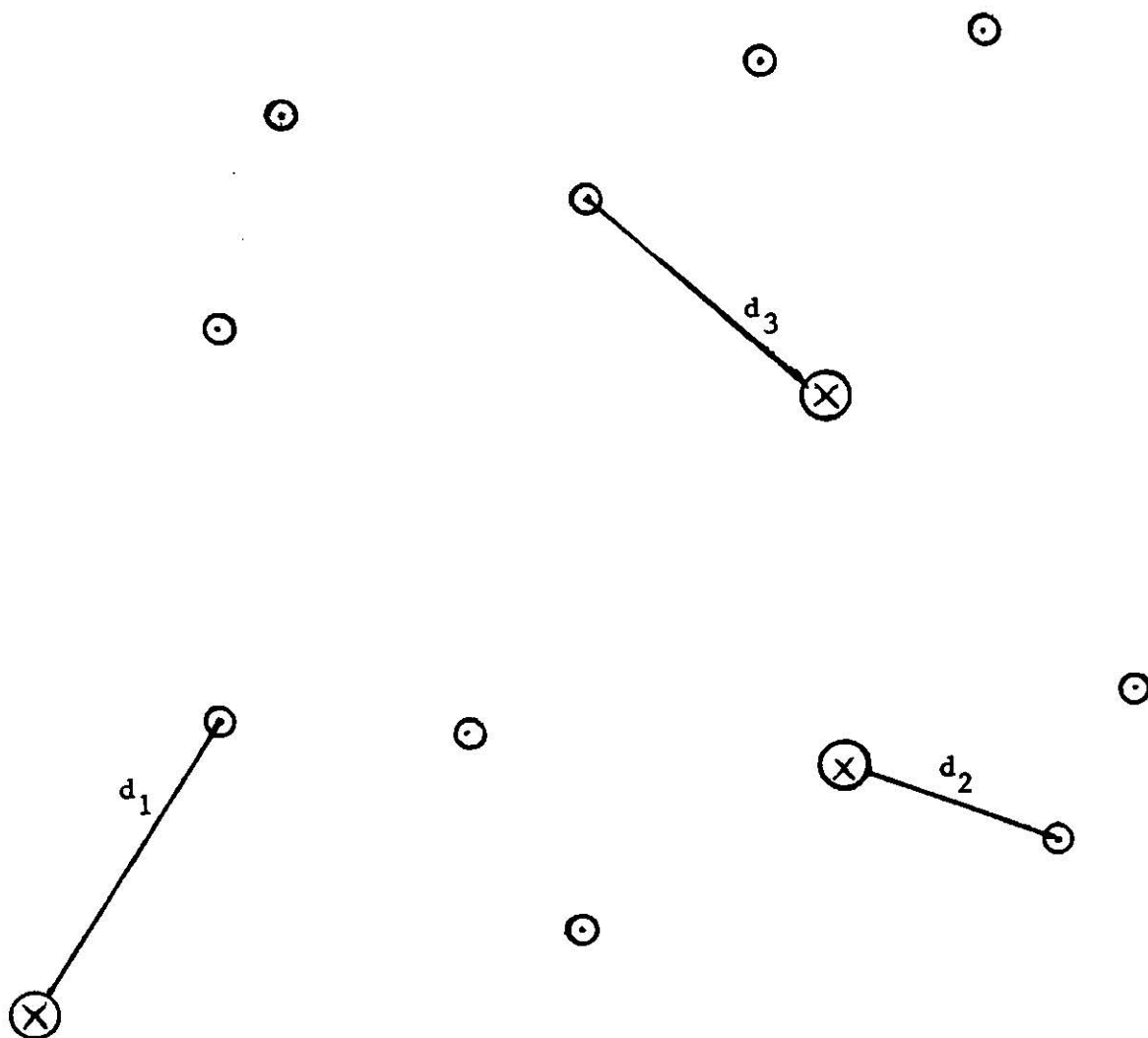


Figura 7. El método El Individuo más Cercano. Las X son los puntos de muestreo escogidos al azar (la punta del pie, una piedra, etc.). Las líneas continuas representan las distancias medidas del punto de muestreo a la planta más cercana.

con la ecuación siguiente:

$$A.M. (2.0 \text{ dm})^2$$

La densidad (D) por unidad de área se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$D = \frac{10\ 000 \text{ m}^2}{A.M.}$$

RESULTADOS Y DISCUSION

La Tabla 1 muestra los resultados de la densidad total - obtenida con los 6 métodos de muestreo aplicados en los cuatro sitios de pastizal.

En la Tabla 2 se dan los resultados de la densidad relativa y cobertura aérea de las especies arbustivas encontradas en cada sitio de pastizal mediante el método del Punto de Cuadrante Central.

La Tabla 3 muestra los porcentajes de frecuencia obtenida en los cuatro sitios de pastizal mediante el método de Pares Aleatorias.

A continuación se dan los resultados obtenidos en los cuatro sitios de pastizal. Los resultados se discutirán por:

1. Sitio de pastizal.
2. Grupos de métodos de muestreo aplicables a poblaciones:
 - a) al azar
 - b) no al azar

TABLA 1. COMPARACION DE RESULTADOS CON CADA METODO DE MUESTREO EN CUATRO SITIOS DE PASTIZAL EN UNA EVALUACION DE METODOS DE MUESTREO PARA ESTIMAR DENSIDAD EN ARBUSTOS. 1979-1980.

P A R A M E T R O	M E T O D O				EL INDIVIDUO MAS CERCANO
	CUARTO ERRATICO	PAREJAS ALEATORIAS	PUNTO DE CUADRANTE CENTRAL	ORDEN $\hat{\dagger}$ ANGULAR MAS CERCANO	
	<u>SITIO No. 1</u>				
Distancia*		3.45	2.1	1.95	1.69
Distancia corregida		2.76	4.41	3.26	3.38
Area media**		7.62	2267	10.63	11.42
Densidad***	789	1312	3185	941	876
	<u>SITIO No. 2</u>				
Distancia		4.1	2.21	2.11	1.67
Distancia corregida		3.28	4.88	3.52	3.38
Area media		10.76	2049	12.39	11.42
Densidad	958	929	2405	807	876
	<u>SITIO No. 3</u>				
Distancia		4.4	2.84	1.93	2.41
Distancia corregida		3.52	8.06	3.22	4.82
Area media		12.39	1241	10.37	23.23
Densidad	683	807	4348	964	430
	<u>SITIO No. 4</u>				
Distancia		3.47	1.99	2.25	2.09
Distancia corregida		2.78	3.96	3.76	4.18
Area media		7.73	2525	14.14	17.47
Densidad	1697	1294	1513	707	572

* Distancia promedio en metros.

** Area media en metros cuadrados.

*** Densidad de arbustos por hectárea.

$\hat{\dagger}$ Utilizando M_1

TABLA 2. DENSIDAD RELATIVA Y COBERTURA DE LAS ESPECIES ENCONTRADAS EN LOS CUATRO SITIOS DE PASTIZAL MEDIANTE EL METODO DEL PUNTO DE CUADRANTE CENTRAL EN UNA EVALUACION DE METODOS DE MUESTREO PARA ESTIMAR DENSIDAD EN ARBUSTOS. 1979-1980.

ESPECIE	SITIO 1		SITIO 2		SITIO 3		SITIO 4	
	DEN*	COB**	DEN*	COB**	DEN*	COB**	DEN*	COB**
<i>Prosopis glandulosa</i>	280	2.6	197	1.9	370	12.8	62	0.2
<i>Acacia rigidula</i>	450	11.2	146	4.6	148	12.8	1025	37
<i>Coerberlinia spinosa</i>	290	3.0	559	15	166	4.7	220	2.5
<i>Cercidium macrum</i>	293	16.1	445	26.3	183	10.5	488	24.6
<i>Acacia farnesiana</i>	502	84	88	6.4	174	49.4	172	14.7
<i>Porlieria angustifolia</i>	170	1.1	104	1.0	4	0.1	162	1.9
<i>Celtis pallida</i>	31	1.0			10	0.1	37	0.4
<i>Opuntia spp</i>	61	2.4	86	6.7	78	1.9		
<i>Leucophyllum texana</i>					9	0.1		
<i>Opuntia leptocaulis</i>	86	0.6	167	2.2	12	0.5	31	0.9
<i>Acacia greggii</i>	19	1.1	14	0.1	22	0.7	37	0.7
<i>Castela texana</i>	54	0.8	205	0.9	47	1.4	157	1.8
Otras especies	31	0.6	38	0.2	18	0.2	134	0.3

* Densidad de arbustos por hectárea.

** Cobertura aérea en metros cuadrados.

TABLA 3. PORCIENTO DE FRECUENCIA DE LAS ESPECIES ENCONTRADAS EN LOS CUATRO SITIOS DE PASTIZAL MEDIANTE EL METODO PAREJAS ALEATORIAS EN UNA EVALUACION DE METODOS DE MUESTREO PARA ESTIMAR DENSIDAD EN ARBUSTOS. 1979-1980.

ESPECIE	SITIO 1 %	SITIO 2 %	SITIO 3 %	SITIO 4 %
<i>Coerberlinia spinosa</i>	2.66	36.0	4	2.66
<i>Cercidium macrum</i>	13.33	12.0	16	30.66
<i>Acacia rigidula</i>	16.0	20.0	17.33	30.66
<i>Prosopis glandulosa</i>	29.33	4.0	34.66	1.33
<i>Acacia farnesiana</i>	17.33	8.0	14.66	4
<i>Porlieria angustifolia</i>	9.33	12.0	6.66	5.33
<i>Celtis pallida</i>	1.33		2.66	12
<i>Opuntia spp</i>	4.0	1.33	2.66	
<i>Leucophyllum texana</i>	1.33			4
<i>Opuntia leptocaulis</i>	1.33	6.66		
<i>Acacia greggii</i>	2.66			2.66
<i>Castela texana</i>	1.33		1.33	5.33

Sitio 1. Norte

En este sitio el promedio de la densidad del grupo de 4 métodos de muestreo aplicable a poblaciones al azar fue de 1349 arbustos por hectárea, resultando el Parejas Aleatorias el método que más se aproximó a este promedio ya que dió una densidad de 1312 arbustos por hectárea. Los métodos El Vecino más Cercano y El Individuo más Cercano dieron estimaciones -- muy bajas de la densidad respecto al promedio (941 y 876 arbustos por hectárea respectivamente). El método del Punto de Cuadrante Central sobrestimó la densidad en un 68% aproximadamente.

De los métodos aplicables a poblaciones no al azar, el Orden Angular dió una estimación de la densidad de 3185 arbustos por hectárea. La densidad obtenida con el método del Cuarto Errático fue de 789 arbustos por hectárea.

Las especies que más frecuentemente aparecieron fueron:

Nombre científico	de frecuencia
<i>Prosopis glandulosa</i>	29.33
<i>Acacia farnesiana</i>	17.33
<i>Acacia rigidula</i>	16.00

El % de frecuencia se obtuvo con el método de Parejas -- Aleatorias.

Sitio 2. Sur

El promedio de la densidad de los 4 métodos de muestreo para poblaciones al azar fue de 1165 arbustos por hectárea, resultando el Parejas Aleatorias el método que más se aproximó a este promedio, ya que dió una densidad de 929 arbustos por hectárea. Los métodos El Vecino más Cercano y El Individuo más Cercano dieron estimaciones bajas de la densidad respecto al promedio (807 y 876 arbustos por hectárea respectivamente). El Punto del Cuadrante Central sobrestimó un 75% la densidad promedio.

De los métodos aplicables a poblaciones no al azar, el Cuarto Errático dió una estimación de la densidad de 958 arbustos por hectárea. La densidad obtenida con el método del Orden Angular fue de 2405 arbustos por hectárea.

Las especies que más frecuentemente aparecieron fueron:

Nombre científico	de frecuencia
<i>Coerberlinia spinosa</i>	36
<i>Acacia rigidula</i>	20

Nombre científico	% de frecuencia
<i>Porlieria angustifolia</i>	12
<i>Cercidium macrum</i>	12

El % de frecuencia se obtuvo con el método de Parejas -- Aleatorias.

Sitio 3. Loma

En este sitio el promedio de la densidad de los 4 métodos de muestreo aplicables a poblaciones al azar fue de 860 - arbustos por hectárea, resultando el Parejas Aleatorias el método que más se aproximó a este promedio ya que dió una densidad de 807 arbustos por hectárea. El Punto de Cuadrante Central sobrestimó la densidad en un 45% aproximadamente sobre el promedio. El Vecino más Cercano sobrestimó ligeramente la densidad (12%) y El Individuo más Cercano subestimó un 50% la densidad respecto al promedio.

De los métodos de muestreo aplicables a poblaciones no al azar el Cuarto Errático dió una estimación de la densidad de 683 arbustos por hectárea. La densidad obtenida con el método del Orden Angular fue de 4348 arbustos por hectárea.

Las especies que más frecuentemente aparecieron fueron:

Nombre científico	% de frecuencia
<i>Prosopis glandulosa</i>	34.66
<i>Acacia rigidula</i>	17.33
<i>Cercidium macrum</i>	16.00
<i>Acacia farnesiana</i>	14.66

El % de frecuencia se obtuvo con el método de Parejas - Aleatorias.

Sitio 4. Panteones

El promedio de la densidad de los 4 métodos de muestreo para poblaciones al azar fue de 1274 arbustos por hectárea, - resultando el Parejas Aleatorias el método que más se aproximó a este promedio, ya que dió una densidad de 1294 arbustos por hectárea. Los métodos El Vecino más Cercano y El Individuo más Cercano dieron estimaciones muy bajas de la densidad respecto al promedio (707 y 572 arbustos por hectárea respectivamente). El Punto de Cuadrante Central sobrestimó casi un 100% la densidad promedio.

De los métodos aplicables a poblaciones no al azar, el Cuarto Errático dió una estimación de la densidad de 1697 arbustos por hectárea. La densidad obtenida con el método Orden Angular fue de 1513 arbustos por hectárea.

Las especies que más frecuentemente aparecieron fueron:

Nombre científico	% de frecuencia
<i>Acacia rigidula</i>	30.66
<i>Cercidium macrum</i>	30.66
<i>Celtis pallida</i>	12.00

El % de frecuencia se obtuvo con el método de Parejas -- Aleatorias.

Los 6 métodos estudiados en este trabajo fueron desarrollados y han sido evaluados en poblaciones artificiales o en poblaciones naturales que no han sido afectadas grandemente por disturbios.

Los trabajos que se han publicado sobre la comparación de métodos de muestreo por lo general se han realizado en -- áreas pequeñas sin disturbios y con densidad conocida. En este trabajo no se puede hacer una comparación efectiva entre -- métodos debido a:

1. El área estudiada ha sufrido grandes disturbios en -- los últimos años (desmontes y pastoreo por bovinos).
2. No se conoce la densidad real en el área estudiada.

3. No se hizo el mismo número de muestreos en cada uno -
de los métodos estudiados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Aunque no se hizo análisis estadístico, hubo marcadas diferencias en los valores de densidad obtenida con los métodos de muestreo aplicables a poblaciones al azar o no al azar.
2. Los métodos El Vecino más Cercano y El Individuo más Cercano son muy rápidos de realizar en el campo y los cálculos para la obtención de la densidad son sencillos, pero presentan la desventaja de que por lo general sobrestiman la densidad y además son susceptibles a tendencias subjetivas. La causa de la baja densidad obtenida con estos métodos pudo haber sido debido al bajo número de muestreos realizados.
3. El método Orden Angular exige mucho tiempo para desarrollar sus ecuaciones y es muy lento de realizar en el campo. El valor de la densidad obtenida con este método por lo general era muy alto comparado con los otros métodos de muestreo.
4. El Cuarto Errático es un método fácil de desarrollar en el campo, pero su procedimiento matemático para el cálculo de la densidad es muy complicado. En este estudio presentó resultados muy variables de valores de

densidad.

5. El Punto de Cuadrante Central es un método que presenta las ventajas de que es muy sencillo de realizar en el campo y no requiere factor de corrección para el cálculo de la densidad. Este método siempre sobrestimaba grandemente la densidad respecto a los valores obtenidos con los otros métodos de muestreo.
6. El Parejas Aleatorias resultó ser el método que menos variabilidad presentaba en los valores de densidad obtenidos en los cuatro sitios de pastizal. Presenta además la ventaja de que sus ecuaciones para calcular la densidad son sencillas y rápidas de realizar.
7. Debido a que el área de estudio es muy extensa y presenta disturbios en su composición, no se puede hacer una recomendación de cuál método de muestreo es mejor.
8. Se recomienda hacer una continuación de este tipo de trabajo tendiente a desarrollar una metodología confiable para calcular la densidad de arbustos en áreas con disturbios en su composición.

RESUMEN

Con la finalidad de conocer el mecanismo de operación de 6 métodos de muestreo que utilizan medidas de distancia para la obtención de la densidad de arbustos, se llevó a cabo este trabajo en la Estación Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León ubicada en el municipio de Marín, N.L., durante el período de agosto de 1979 a abril de 1980.

Los métodos estudiados se dividieron en dos tipos:

1. Para poblaciones distribuidas al azar.

- a) Parejas Aleatorias o Random Pairs.
- b) Punto de Cuadrante Central o Point Centered Quarter.
- c) El Individuo más Cercano o Closest Individual.
- d) El Vecino más Cercano o Nearest Neighbor.

2. Para poblaciones distribuidas o no al azar.

- a) Cuarto Errático o Wandering Quarter.
- b) Orden Angular o Angle Order.

El área de estudio comprendió 352 hectáreas que se divi-

dió en cuatro sitios de pastizal donde se aplicaron cada uno de los métodos de muestreo.

Se hizo una comparación de la densidad en base al promedio de los valores de la misma obtenida individualmente por cada método de muestreo aplicable a poblaciones al azar.

La densidad obtenida con los métodos El Vecino más Cercano y El Individuo más Cercano por lo general siempre resultó muy baja respecto a la de los otros métodos.

El Punto de Cuadrante Central y el Orden Angular resultaron los métodos de muestreo que siempre daban una estimación muy alta de la densidad respecto a la que se obtenía con los demás métodos.

El método Cuarto Errático presentó resultados muy variables de la densidad, además de que su procedimiento matemático es muy complicado.

El Parejas Aleatorias fue el método que presentó menos variabilidad en los valores de densidad calculada en cada uno de los cuatro sitios de pastizal.

Las especies que tuvieron más % de frecuencia fueron: *Prosopis glandulosa*, *Acacia farnesiana*, *Acacia rigidula*, *Coe-*

berlinia spinosa y *Cercidium macrum*.

Debido a que el área estudiada ha sufrido algunos disturbios y no se conoce su densidad real, no se hizo una comparación estadística entre los métodos estudiados. Por lo tanto, se recomienda continuar con este tipo de estudio para poder lograr una metodología confiable para la estimación de la densidad de arbustos en áreas con disturbios en su composición.

LITERATURA CITADA

1. Archivald, E.E.A. 1948. Plant populations I. A new Application of Neymans contagious distribution. *Ann. Bot. N.S.* 12: 221-235.
2. Ashby, E. 1948. Statistical ecology II. A reassessment. - *Bot. Rev.* 14 (4): 222-234.
3. Becker, D.A. y J.J. Crockett. 1973. Evaluation of sampling techniques on tall-grass prairie. *Journal of Range Management* 26 (1): 61-65.
4. Blackman, G.E. 1935. A study by statistical methods of the distribution of species in grassland associations. *Ann. -- Bot., London* 49: 749-778.
5. Brown, D. 1954. Methods of surveying and measuring vegetation. Bradley & Sons, Ltd, Inglaterra. 223 p.
6. Catana, A.J., 1960. The wandering quarter method. Tesis -- doctoral. Universidad de Wisconsin. 72 p.
7. Clark, P.J. y F.C. Evans. 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in population. - *Ecology* 35 (4): 445-453.
8. Cooper, Ch. F. 1959. Cover vs. density. *Journal of Range Management* 12: 215.
9. Cottam, G. 1949. The phytosociology of an oak woods in --- southwestern Wisconsin. *Ecology* 30 (3): 280.
10. Cottam, G. y J.T. Curtis. 1949. A method for making rapid surveys of woodlands by means of pairs of randomly selected trees. *Ecology* 30 (1): 101-104.
11. Cottam, G., J.T. Curtis y B.W. Hale. 1953. Some sampling characteristics of a population of randomly dispersed individuals. *Ecology* 34 (4): 741-757.

12. Cottam, G. y J.T. Curtis. 1956. Correction for various exclusion angles in the random pairs method. *Ecology* 36 (4): 767.
13. Cottam, G. y J.T. Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology* 37 (3): 451-460.
14. Cottam, G., J.T. Curtis y A.J. Catana, Jr. 1957. Some sampling characteristics of a series of aggregated populations. *Ecology* 38 (4): 610-622.
15. Curtis, J.T. y R.P. Mc Intosh. 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. *Ecology* 31 (3): 434-455.
16. Dix, R.L. 1961. An application of the point-centered quarter method to the sampling of grassland vegetation. *Journal of Range Management* 14 (2): 63-69.
17. Duvall, V.L. y R.M. Blair. 1963. Terminology and definitions. In: *Range Research Methods*. United States Department of Agriculture. Forest Service. Misc. Publ. 940: 8-11.
18. Evans, D.A. 1953. Experimental evidence concerning contagious distributions in ecology. *Biometrika* 40: 186-211.
19. Huss, D.L. y E.L. Aguirre. 1978. *Fundamentos de Manejo de Pastizales*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México.
20. Lindsey, A.A., J.D. Barton y S.R. Miles. 1958. Field efficiencies of forest sampling methods. *Ecology* 39 (3): 428-444.
21. Lyon, L.J. 1968. An evaluation of density sampling methods in a shrub community. *Journal of Range Management* 21: 16-20.
22. Moore, P.G. 1954. Spacing in plant populations. *Ecology* 35 (2): 222-227.

23. Morisita, Masaaki. 1954. Estimation of population density by spacing method. Mem. Fac. Sci. Kyushu University Ser - E. E.1: 187-197.
24. Morisita, Masaaki. 1957. A new method for the estimation of density by the spacing method applicable to non-randomly distributed populations. *Physiol and Ecology* 7:134-144 (en japonés) traducido al inglés por el Departamento de - Agricultura de los Estados Unidos.
25. Morisita, Masaaki. 1959. Measuring of the dispersion of - individuals and analysis of the distributional patterns. Mem. Fac. Sci. Kyushu University. Serie E (Biology) 2 (4): 216-235.
26. Mueller, D. y Dombois Heinz. 1974. Aims and methods of ve - getation ecology. Ellenberg. John Wiley & Sons.
27. Parker, K.W. 1954. Application of ecology in the determi - nation of range condition and trend. *Journal of Range Ma - nagement* 7: 14-23.
28. Pieper, R.D. 1973. Measurement techniques for herbaceous - and shrubby vegetation. Las Cruces University, New Mexi - - co.
29. Rice, E.L. y W.T. Penfound. 1955. An evaluation of the va - riable-radius and paired-tree methods in the blackjack - post-oak forest. *Ecology* 36 (2): 315-320.
30. Risser, P.G. y P.H. Zedler. 1968. An evaluation of the - grassland quarter method. *Ecology* 49 (5): 1006-1009.
31. Shanks, R.E. 1954. Plotless sampling trials in Appala - - - chian forest types. *Ecology* 35 (2): 237-244.
32. Strickler, G.S. y F.W. Stearns. 1963. The determination of plant density. In: Range research methods. United Sta - tes Department of Agriculture. Forest Service. Misc. - - - Publ. 940: 30-40.
33. Whitford, P.B. 1949. Distribution of woodland plants in - relation to succession and clonal growth. *Ecology* 30: - - - 199-208.

