UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

TAMAÑO Y FORMA DE SITIO DE MUESTREO PARA INVENTARIOS FORESTALES EN BOSQUES TROPICALES DE LA COSTA DE JALISCO

T E S I S P R O F E S I O N A L

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

P R E S E N T A

GERARDO ALBERTO GONZÁLEZ CUEVA

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL. FEBRERO DE 2002

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO
COMITE DE TITULACION

ING. ELENO FELIX FREGOSO
DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS
PRESENTE

Con toda atención nos permitimos hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobada la modalidad de titulación:TESIS con el titulo:

" TAMAÑO Y FORMA DE SITIO DE MUESTREO PARA INVENTARIOS FORESTALES EN BOSQUES TROPICALES DE LA COSTA DE JALISCO. "

El cual fue presentado por él (los) pasante(s):

GERARDO ALBERTO GONZALEZ CUEVA.

El Comité de Titulación, designó como director y asesores, respectivamente, a los profesores:

DR. AGUSTIN GALLEGOS RODRIGUEZ	**DIRECTOR**
M.C. EFREN HERNANDEZ ALVAREZ	**ASESOR**
DR. OSCAR ALBERTO AGUIRRE CALDERON	**ASESOR**

Una vez concluido el trabajo de titulación, el Comité de Titulación designó como sinodales a los profesores:

ING. ANTONIO MORA SANTACRUZ	**PRESIDENTE**
M.C. CARLOS ROBERTO GONZALEZ FLORES	**SECRETARIO**
ING. JUAN ESPINOZA ARECHIGA	**VOCAL**

Se hace constar que se han cumplido los requisitos que establece la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara, en lo referente a la titulación, así como el Reglamento del Comité de Titulación.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"
Las Agujas, Zapopan, Jal. a 15 de febrero de 2002.

M.C. JESUS NETZAHUALCOYOTL MARTIN DEL CAMPO MORENO
PRESIDENTE DELCOMITE DE TITULACION

M.C. SALVADOR GONZALEZ LUNA
SRIO. DEL COMITE DE TITULACION

COORDINACION DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO

ESTA TESIS FUE REALIZADA GRACIAS AL FINANCIAMIENTO DEL CONACYT, EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN FORESTAL, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS, DIRIGIDA POR EL DR. AGUSTÍN GALLEGOS RODRIGUEZ

SEP · CONACYT

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

M É X I C O

"DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LAS SELVAS TROPICALES EN LA REGION COSTA DE JALISCO" REFERENCIA 31808-B

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad de Guadalajara** que me brindo la oportunidad de formarme profesionalmente.

A mis maestros: Ing. Alfonso Muñoz Ortega, Ing. Patricia Zarazúa Villaseñor, Ing. Pedro Topete Ángel, Ing. Juan Espinoza Arechiga, M. C. Carlos Roberto González Flores, Dr. Agustín Gallegos Rodríguez y Dr. Eulogio Pimienta Barrios, quienes a través de su desempeño docente y actitud critica, me aportaron conocimientos y valores para la vida profesional.

Al Dr. Agustín Gallegos Rodríguez que me brindo la oportunidad de realizar este trabajo, por su paciencia y la atinada dirección de esta tesis.

A mis asesores M. C. Efrén Hernández Álvarez y Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón por sus valiosas aportaciones a este trabajo.

Al M. C. José Javier Corral Rivas por su valioso apoyo para el análisis estadístico de esta tesis.

Al M. C. Antonio Mora Santacruz por las observaciones realizadas a este trabajo.

A el Ing. Gonzalo Millán Curiel Alcaraz e Ing. Aldo Ortega Cattaneo de la empresa **Servicios Forestales El Tuito S. C.** por el apoyo logístico brindado y GTF Gamaliel Jiménez Aceves, GTF Ernesto Arechiga Guzmán, Sr. Alfredo Lepe Santos, Edwin Gómez Bañuelos y Giovanni, por su valioso apoyo en el trabajo de campo.

Al **CONACYT** por la beca y el financiamiento otorgado para la realización de esta tesis.

A mi Madre, Hermanos y Abuelos por su apoyo moral, paciencia y la confianza depositada en mi.

A mis amigos José Martín Corona Mata y Efraín Abundio Ramírez, por su compañía y colaboración durante la elaboración del documento final.

CONTENIDO

Índice de Figuras i
Índice de Figuras ii

Resumen iii

1.- INTRODUCCIÓN 1
1.1.- Hipótesis 3
1.2.- Objetivos 4
1.3.- Metas 4

2.- REVISIÓN BIBLIOGRAFICA 5
2.1.- Conceptos de Inventarios Forestales 5
2.1.1.- Inventario Forestal 5
2.1.2.- Clasificación de inventarios forestales 5
2.1.3.- Inventario forestal para manejo 9
2.1.4.- Unidades muestrales 9
2.1.5.- Parcelas circulares 9
2.1.6.- Parcelas rectangulares o fajas 9
2.1.7.- Relación entre tamaño de parcela y variabilidad 10
2.2.- Problemática 11
2.3.- Aspectos generales sobre tamaño y forma de sitios de muestreo para inventarios forestales 12
2.4.- Algunas experiencias en la utilización de Tamaños y Formas de sitio de muestreo en Bosques Tropicales 14

3.- MATERIALES Y METODOS 16
3.1.- Descripción del Área de estudio 16
3.1.1.- Fisiografía 16
3.1.2.- Topografía 17
3.1.3.- Clima 17
3.1.4.- Suelo 18
3.1.5.- Vegetación 20
3.1.6.- Equipo utilizado 21
3.1.7.- Personal 22
3.2.- Elección de la muestra 23
3.2.1.- Criterio usado para la elección de los sitios 23
3.2.2.- Sitios elegidos 24
3.2.3.- Localización de los sitios en campo 25
3.3.- Modelación de tamaño y forma de sitios 25
3.3.1.- Trazo del sitio circular 25
3.3.2.- Trazo del sitio rectangular 25
3.4.- Variables medidas 27
3.5.- Simulación de Tamaño de Sitios Circulares Y Rectangulares 27

3.6.- Evaluación de los datos obtenidos 28
3.6.1.- Captura de datos 28
3.6.2.- Área basal 28
3.6.3.- Analisis estadístico del área basal 28
3.6.4.- Analisis del numero de árboles por sitio 29
3.6.5.- Analisis del tiempo empleado por sitio 29

4.- RESULTADOS Y DISCUSIONES 30
4.1.- Coeficiente de variación por tamaño y forma de sitio 30
4.2.- Numero de árboles por tamaño y forma de sitio de muestreo 32
4.3.- Tiempo de levantamiento de datos por forma de sitio 36

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 39

6.- LITERATURA CITADA 40

7.- ANEXOS 44

INDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pagina
1	Ubicación del Área de Estudio	16
2	Topografía del área de estudio	17
3	Grafica de precipitación y temperatura mensual del área de estudio	18
4	Mapa de suelos	19
5	Mapa de uso actual del suelo	21
6	Equipo de medición Forestal usado en campo	22
7	Red de sitios de muestreo por clases de Área Basal	23
8	Mapa de sitios muestreados	24
9	Trazo del sitio circular y rectangular	26
10	Grafica del Coeficiente de Variación por tamaño y forma de sitio	31
11	Grafica del Numero de árboles promedio por tamaño y forma de sitio	33
12	Grafica del tiempo promedio por forma de sitio	37

INDICE DE TABLAS

Tabla	Descripción	Pagina
1	Datos necesarios para el monitoreo de Recursos Forestales	8
2	Sitios muestreados	24
3	Dimensiones de los tamaños y formas de sitio de muestreo	27
4	Coeficiente de Variación por tamaño y forma de sitio	30
5	Valores promedio, máximo y mínimo del tiempo por forma de sitio	32

RESUMEN

Esta Investigación se realizó en la Microcuenca "La Quebrada", Mpio. de Tomatlán, Jal. la cual sustenta Bosque Tropical Subcaducifolio. De los 357 sitios del inventario forestal de 1999, se seleccionaron 72 sitios de muestreo, los cuáles se agruparon en tres clases de área basal: Baja 0–20 m^2 /ha, Media 21–40 m^2 /ha y Alta > 40 m^2/ha. Para localizar los sitios ya establecidos se usaron posicionadores geográficos (GPS). Los sitios de muestreo fueron trazados con clinómetro, brújula, distanciometro láser y una cuerda acotada de 35m de largo. Se levantaron sitios de muestreo rectangulares y circulares (concéntricos) de 1200 m^2 partiendo de un centro común. Los sitios rectangulares se trazaron de 10 m de ancho por 120 de largo, mientras que los circulares tuvieron un radio de 19.54 m. En cada sitio se identificaron los árboles de acuerdo a su nombre común y se midieron los DAP > 10 cm. En ambos casos se cuantificó el tiempo real de levantamiento de cada sitio. Los datos de campo fueron tomados por un equipo de 4 personas.

Los datos levantados permitieron realizar un análisis con diferentes tamaños de sitio para rectangulares y circulares siendo estos de 250 m^2 , 500 m^2, 750 m^2, 1000 m^2 y 1200 m^2. El análisis estadístico se realizó tomando como base el área basal calculada para cada sitio de acuerdo a su tamaño y forma.

Los resultados obtenidos permiten concluir que los sitios mas convenientes, por confiabilidad estadística y costos, son los circulares de 500 m^2.

1.- INTRODUCCIÓN

En Dasonomía a través de un inventario forestal se busca estimar algunas características del bosque con cierta precisión. Las características del bosque que se determinan con más frecuencia son: el volumen, el área basal, la altura media, el número de árboles, a veces se incluye regeneración etc. Un aspecto importante que debe definirse en un muestreo para formular un inventario forestal, además de la técnica por emplear, es la definición de la forma y tamaño de los sitios, precisando los conceptos estadísticos y los problemas prácticos que se presentan al hacer mediciones en el campo, para obtener las características de los sitios que proporcionen mayor eficiencia a menor costo, los sitios de muestreo pueden tener la forma de cualquier figura geométrica o incluso puede ser irregular, pero en general se han definido tres formas básicas: cuadradas, circulares y rectangulares (Villa, 1973).

Para la realización de un Inventario Forestal con fines de manejo se requiere previamente a la toma de datos, un diseño de muestreo que debe ir acorde con los objetivos de manejo y cuyos componentes se reducen en tres: forma de las unidades muestrales, tamaño de las unidades muestrales y distribución de las unidades muestrales (Romahn *et al*, 1994).

En el presente trabajo se investigan dos componentes principales de las unidades muestrales o sitios de muestreo como son: el tamaño y la forma.

Es importante resaltar que los problemas existentes en el manejo sostenible de los bosques tropicales de la Costa de Jalisco, se debe en gran medida a la falta de investigación sobre el tamaño y forma de sitio de muestreo que permitan obtener las características ecológicas y productivas del sitio, que aporten información valida para la toma de decisiones silvícolas adecuadas, así como coadyuvar a que la toma de datos en campo resulte más sencilla, mas eficiente y de menor costo.

En el marco del proyecto de investigación titulado "Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica para el Manejo Sostenible de las Selvas Tropicales en la Región Costa de Jalisco" apoyado por el CONACYT Ref. 31808-B, se contempla, entre algunos de sus objetivos principales, dar respuesta a la problemática antes expuesta; a través de la evaluación de tamaños y formas de sitio de muestreo desde la perspectiva estadística y ergonómica, coadyuvando a la vinculación con los propietarios del predio y a la aplicación por parte de los prestadores de servicios técnicos forestales de la tecnología generada.

1.1.- HIPÓTESIS

Los sitios de muestreo circulares de 500 m^2 son adecuados para los inventarios forestales en bosques tropicales de la Costa de Jalisco, permiten obtener suficiente información de las características dasonómicas y del sitio forestal, además de ofrecer rapidez y eficiencia en la toma de datos.

1.2.- OBJETIVO

Evaluar diferentes tamaños y formas de sitio de muestreo para inventarios forestales con fines de manejo en bosques tropicales de la Costa de Jalisco a través de parámetros estadísticos, dasonómicos y ergonómicos.

1.3.- METAS

- Determinar en función del coeficiente de variación del área basal la confiabilidad estadística del tamaño y forma de sitio de muestreo adecuado.

- Determinar la forma de sitio de muestreo mas conveniente en función de el menor tiempo registrado para la toma de datos de inventario forestal.

2.- REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1.- Conceptos De Inventarios Forestales

2.1.1.- Inventario Forestal

El inventario forestal según Husch (1971) suele considerarse como sinónimo de estimacion de la cantidad, calidad, condiciones y la distribución de los árboles de un bosque y algunas otras características de la zona donde crecen los mismos.

2.1.2.- Clasificación De Inventarios Forestales

Según Carrillo (1989) los Inventarios Forestales se clasifican:

De acuerdo al tema:

- Botánicos: son los inventarios que se lleva a cabo sobre las diferentes condiciones de vegetación. Considerada en este caso como forestal.
- Integrales: son inventarios que se llevan a cabo sobre las diferentes condiciones de vegetación considerada como forestal y en los que se evalúan los factores interrelacionados con la misma. Como es el caso del suelo, el agua y la fauna entre otras.
- Faunísticos: son los inventarios que se lleva a cabo sobre las diferentes condiciones de vegetación considerada como forestal y en los que se evalúan exclusivamente los recursos faunísticos.
- Edafológicos: son los inventarios que se llevan a cabo sobre las diferentes condiciones de vegetación considerada como forestal y en el que se evalúa exclusivamente el suelo.
- Acuíferos o hidrológicos: se llevan a cabo sobre terrenos forestales y en los que se evalúa exclusivamente a los recursos acuíferos.
- Recreativos: se llevan a cabo sobre terrenos forestales y se evalúa exclusivamente áreas aptas para la recreación.

De acuerdo a su uso:

- De gran visión: pueden pertenecer a cualquiera de las subclasificaciones anteriores y en los que el nivel del estudio se considera de poca

precisión. Se pueden considerar como base para efectuar estudios de reconocimiento, planeación y programación y en los que se fundamentan estudios de evaluación mas detallados.

- De previsión: en este tipo de inventarios se basan principalmente los estudios de planeación.
- Para manejo, aprovechamiento, protección e investigación: este tipo de inventarios pueden ser de cualquiera de los temas anteriormente descritos, pero estos gozan de una gran precisión.

Por tipo de vegetación:

- Bosques de clima templado – frío: son los inventarios que en la actualidad han sido mayormente elaborados en nuestro país. Se han utilizado en el muestreo sitios circulares de dimensiones fijas de 1000 m^2 bajo un diseño de muestreo sistemático.
- Bosques de clima cálido – húmedo: aun cuando los inventarios forestales para estas condiciones de vegetación no se han aplicado de la misma forma que para los bosques templados, se tienen resultados a un nivel de inventario nacional forestal temporal. En lo que se refiere al muestreo se han utilizado sitios rectangulares de dimensiones fijas de 1000 m^2, distribuidas bajo un patrón sistemático en fajas de anchura constante.
- Vegetación de zonas áridas y semiáridas: aun cuando se han tenido intenciones de ampliar el conocimiento sobre los recursos de zonas áridas y semiáridas, estas han sido aisladas dándole poca importancia a los aspectos evaluativos ya que en la mayoría de los casos los estudios efectuados han sido cobre aspectos ecológicos y químicos.

Por su área de influencia

- Nacionales.- su área de influencia es muy amplia y su nivel de estudio es mas generalizado.
- Estatales: su área de influencia a nivel estatal es también muy amplia y su nivel de estudio es semidetallado.
- Regionales: su área de influencia es más especifica y por tratarse de una determinada zona o región su nivel de estudio es más detallado.

- Locales: su área de influencia es de localidad especifica y su nivel de estudio es igualmente más detallado.

Por su periodicidad:

- Temporales, tradicionales o convencionales: esta técnica se basa principalmente en que el muestreo utiliza sitios temporales generalmente de dimensiones fijas por lo que las mediciones de los parámetros son únicas, es decir que no se llevan a cabo remediciones periódicas.
- Continuos: también se pueden llamar periódicos y a diferencia de los temporales, los sitios utilizados en el muestreo para el levantamiento de la información son permanentes, generalmente de dimensiones fijas, es decir las remediciones de los parámetros son periódicas a intervalos de tiempo predeterminados por lo que es necesario llevar a cabo un registro detallado del arbolado presente en el área de estudio para su control en tiempo.
- Secuenciales: así como los continuos son inventarios periódicos, en donde se llevan a cabo remediciones sucesivas a intervalos de tiempo predeterminados, mediante la utilización de sitios permanentes de muestreo fotográficos y terrestres homólogos. El principio de este sistema se fundamenta en la toma de fotografías aéreas secuenciales de la misma zona a intervalos de tiempo que están en función a los objetivos del estudio.

Para el monitoreo de los recursos forestales, de acuerdo a las directrices internacionales de IUFRO (Unión Internacional de Institutos de Investigación Forestal) se recomiendan las siguientes variables (Päivinen, 1994):

1.- Cubierta y uso territoriales – para manejo de tierras.

2.- Recursos Forestales – para la producción de madera.

3.- Biomasa – para la producción de energía, el balance del carbono y el desarrollo de modelos locales.

4.- Calidad medioambiental o estado sanitario del bosque – para el manejo de ecosistemas.

En la tabla 1 se presentan los datos necesarios para el monitoreo de Recursos Forestales con diferentes objetivos, según Päivinen (1994).

Tabla 1.- Datos necesarios para el monitoreo de la cubierta territorial, el bosque (Recursos Forestales), Biomasa y calidad medio- ambiental.

	CUBIERTA TERRITORIAL	RECURSOS FORESTALES	BIOMASA	CALIDAD MEDIO - AMBIENTAL
Identificación de la parcela				
Coordenadas del lugar	X	X	X	X
Altitud	X	X	X	X
Pendiente	X	X	X	X
Exposición	X	X	X	X
Posición relativa del terreno	X	X	X	X
Año de observación	X	X	X	X
Clasificación de la zona				
Clase de uso del suelo	X	X	X	X
Clase de cubierta del suelo	X	X	X	X
Tipo de vegetación	X	X	X	X
Espesura de copas	X	X	X	X
Historia del rodal		X	X	
Radio para clasificar la zona	X	X	X	X
Datos Árboles / Plantas				
Especie		X	X	X
Altura		X	X	X
DAP		X	X	X
Edad		X		
Crecimiento		X	X	X
Datos del fuste				
Dimensión del tronco		X		
Calidad de la madera		X		
Datos de la copa				
Diámetro de la copa			X	X
Largo de la copa			X	X
Área foliar			X	
Defoliación		X		X
Bioindicadores				X
Daños		X		X
Dendrocronología				X
Vegetación del sotobosque		X	X	X
Química foliar				X
Indicadores edáficos	X	X		X

La **X** significa que aquel elemento es necesario

2.1.3.- Inventario Forestal Para Manejo

Este tipo de Inventario, también conocido como Inventario para Ordenación de Montes, proporciona resultados que sirven como base para la elaboración del Plan de Manejo Forestal, mismo que constituye el elemento principal para una adecuada administración de un área especifica, (Padilla ,1983).

2.1.4.- Unidades Muestrales

Uno de los objetivos centrales de la mensura forestal es describir poblaciones (bosques) en términos del valor total de algún atributo de todos los árboles (área basal, volumen).

Dado que las poblaciones forestales son por lo general muy extensas y de difícil acceso, su descripción se basa en una pequeña muestra de árboles, seleccionados de modo que representen a toda la población.

Por razones prácticas, los árboles no se seleccionan individualmente para ser muestreados, sino en grupos, llamados unidades muestrales (Prodan *et al* , 1997).

2.1.5.- Parcelas Circulares

En parcelas pequeñas, con una cantidad reducida de árboles cercanos al límite de la parcela, puede emplearse una simple apreciación ocular o una cuerda de dimensión estable para comprobar la inclusión o exclusión de árboles dudosos. Este procedimiento puede resultar sesgado debido a la subjetividad en la identificación de los árboles dudosos. Otros procedimientos, más seguros y eficientes, consisten en emplear distanciómetros ópticos o electrónicos que permiten determinar con rapidez y objetividad la posición de los árboles respecto al limite de la parcela (Prodan *et al*, 1997).

2.1.6.- Parcelas Rectangulares o Fajas

Las parcelas rectangulares o fajas se emplean corrientemente en inventarios de bosques naturales. El ancho de las fajas corresponde a una distancia que permita comprobar fácilmente la situación de árboles en el límite, aun en

condiciones de visibilidad muy adversas. El ancho de las fajas varía en general entre 5 y 20 metros, mientras que su longitud puede variar entre 50 y varias centenas de metros.

Las fajas permiten delimitar con facilidad, unidades de gran magnitud, a la vez que captan una alta proporción de la variabilidad del bosque (Prodan *et al*, 1997)

2.1.7.- Relación entre el Tamaño de Parcelas y Variabilidad

La variabilidad entre unidades de una población puede estimarse en base a una muestra de *n* unidades seleccionadas al azar. En cada unidad *i* se determina el valor de un atributo y_i en base a los m_i, árboles medidos. La variabilidad entre unidades se estima del siguiente modo:

$$sy = \sqrt{\frac{\sum^{n} (y_i - y)^2}{n-1}}$$

Donde : $\overline{y} = \sum^{n} y_i / n$

La variabilidad se expresa también en forma relativa mediante el coeficiente de variación:

$$c\% = (sy / y)\, 100 = s\%$$

Al aumentar el tamaño de las unidades, la variabilidad c% normalmente se reduce. La tasa de reducción es variable según la población (Prodan *et al* 1997).

El Coeficiente de Variación es una medida de Dispersión que permite conocer la variabilidad intrínseca de una población, ya que considera además de la variación absoluta, a la media de la población (Caballero D. 1973).

2.2.- Problemática

Razura (2000) afirma que se ha detectado la existencia de discrepancias en criterios técnicos, en relación a la obtención de datos de inventarios forestales en campo y el análisis de los resultados, tales como tamaño y forma de los sitios de muestreo. Mientras que Aguirre (1995) menciona que las experiencias existentes en México para comparar tamaños y formas de sitio de muestreo son limitadas y todas ellas de naturaleza practica con el objetivo de reducir costos y tiempo, pero en pocos casos se ha hecho una comparación estadística de la eficiencia de diferentes esquemas de muestreo.

Es decir no se ha establecido un criterio técnicamente fundamentado en relación a la toma de datos en este tipo de ecosistema.

Es importante señalar que en México se ha investigado mas sobre las formas y tamaños de sitios de muestreo para inventarios forestales en bosques templados que para tropicales.

2.3- Aspectos Generales sobre Tamaño y Forma de Sitios de Muestreo para Inventarios Forestales

Romahn *et al* (1994) mencionan que los sitios circulares son los que más frecuentemente se usan en inventarios forestales de América del Norte y México. Su gran popularidad, radica en su relativa facilidad para delimitarlos, ya que una vez establecida la posición de su centro, únicamente es necesario lanzar radios desde éste, hacia aquellos lugares donde se encuentran árboles, generalmente se efectúan de 8 – 12 radios en zonas de densidad relativamente alta y menos de 8 en densidades menores.

Los sitios circulares, en muestreos sistemáticos, generalmente se localizan a equidistancias a lo largo de líneas que son también equidistantes entre sí, lo cual permite una amplia distribución de la muestra.

Las dimensiones de los sitios rectangulares, pueden ser muy variables, cuando son angostos y constituyen fajas son muy útiles y fácilmente delimitables.

Tanto en el caso de sitios rectangulares, como circulares, no existe la continuidad que se presenta cuando los sitios son rectangulares y constituyen fajas de sitios continuos, es decir, éstos se siguen unos a otros para formar las fajas de longitud variable. Considerando una técnica y una intensidad de muestreo dadas, los sitios rectangulares continuos, desde el punto de vista estadístico, restan eficiencia y precisión a la distribución de la muestra, por producir una concentración de la misma.

En términos generales, podemos decir que los sitios circulares ubicados en forma sistemática o aleatoria se recomiendan para la gran mayoría de los bosques templados y fríos del país y los sitios rectangulares continuos formando fajas, se recomiendan para bosques de clima cálido húmedo, siempre que su anchura no sea superior a 20 m.

En este sentido Medina (1982) indica que en los trabajos desarrollados en México desde 1961, cuando se tuvo el asesoramiento de la FAO para efectuar a nivel Nacional el inventario forestal, se ha adoptado en México la unidad de muestreo de 0.1 ha (1000 m^2) y de acuerdo a experiencias practicas en diferentes tipos de vegetación, se ha empleado el sitio circular de 0.1 ha, trazado mediante un radio de 17.84 m^2 en bosques de clima templado – frío y para vegetación de clima cálido – húmedo donde las condiciones de espesura impiden la visibilidad a distancia se ha empleado el sitio rectangular de 0.1 ha, cuyas dimensiones son 20 m de ancho por 50 m de largo, en lo cual coincide también la Dirección General del Inventario Nacional Forestal (1976).

2.4.- Algunas Experiencias en la Utilización de Tamaños y Formas de Sitio de Muestreo en Bosques Tropicales

Pelz (2000) realizó un Inventario Forestal en bosques tropicales en Malasia y Tailandia y uso sitios circulares de 500 m^2 (radio de 12.62) con subparcelas concéntricas de 10 m (radio de 2 m) y de 100 m (radio de 5.64).

Spittler, M. (sin fecha) en su trabajo "Guía técnica para el Inventario rápido de Bosques Secundarios en la Zona Norte de Costa Rica" utilizo sitios circulares con radio de 6m, es decir una superficie de 113.1 m^2, con el propósito de determinar: la composición florística (especies arbóreas comerciales y no comerciales), el número de árboles por hectárea, el área basal y el volumen comercial y según esta información, tener los argumentos necesarios para estimar el valor comercial futuro del bosque secundario estudiado.

Stanley (1998) usó parcelas cuadradas de 100 m^2 (10 X 10 m) en el Muestreo Diagnostico para Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya, aunque es importante destacar que para Inventario Forestal las dimensiones de la parcela empleadas son de 500 m^2 (10 X 50 m), quien dijo que su forma es rectangular.

En el Ejido Noh Bec Quintana Roo, México, se elaboró un Plan de Manejo para 25 años (1983 – 2008). En 1998 el ejido decidió elaborar otro Programa de Manejo para los 10 años faltantes para cumplir el ciclo de corta de 25 años, retomando casi todo el esquema planteado en 1983, e introduciendo algunos cambios como por ejemplo: los inventarios forestales con muestreo sistemático y sitios circulares de 500 m^2.

Sitios Rectangulares de 0.1 ha (20 X 50m) se han usado en diferentes trabajos de Inventario Forestal tales como:

- Inventario de Ordenación para Selvas Altas y Medianas en el Distrito de Drenaje Uxpanapa (Padilla,1983).
- Inventario Forestal del Estado de Chiapas, para vegetación de clima cálido – húmedo (Dir. Gral. Del Inv. Nal. Forestal, 1976).
- Inventario Forestal del Estado de Campeche (SARH, 1985).
- Inventario Forestal del Estado de Tabasco (SARH, 1985).
- Inventario Forestal del Estado Yucatán (SARH, 1985).
- Inventario Forestal del Estado de San Luis Potosí, para la zona Valles, de vegetación de clima cálido – húmedo (SARH, 1979).

Según Ortega y Curiel (2000) para la Elaboración de Planes de Manejo Forestal en la "Unidad de Servicios Técnicos Forestales El Tuito S. C" en la Costa de Jalisco se realizan Inventarios Forestales a través de muestreos sistemáticos con sitios rectangulares de 1,000 m^2 (20 X 50 m).

3.- MATERIALES Y METODOS

3.1.- Descripción Del Área De Estudio

El estudio se realizó en la Microcuenca "La Quebrada", Mpio. de Tomatlán, Jal. localizada aproximadamente a 70 Km. al sur de Puerto Vallarta y a 450 Km. de Guadalajara Jalisco (fig. 1), ubicada entre los paralelos 105° 05' Longitud W y 19° 55' Latitud N con una superficie de 4,600 ha aproximadamente INEGI (1973).

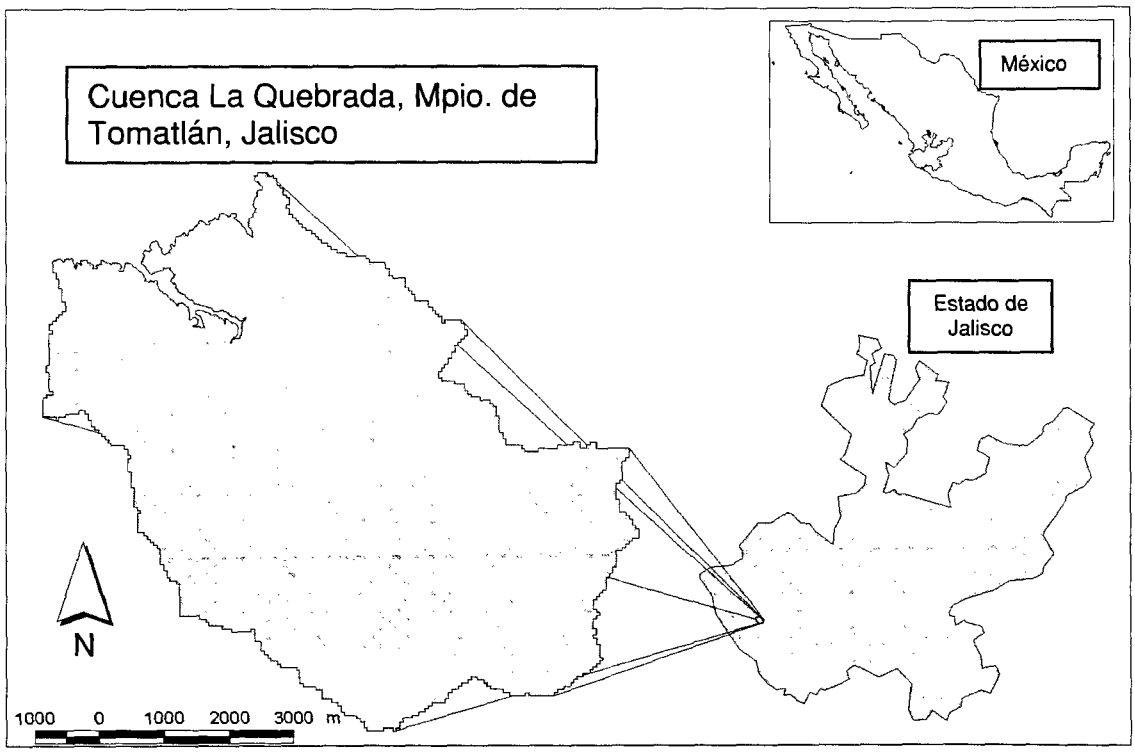


Figura 1.- Ubicación del Área de Estudio

3.1.1.- Fisiografía

Se localiza en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, donde se encuentran rocas graníticas y volcánicas, su Topoforma corresponde a la de Gran Sierra Compleja SPP (1981).

3.1.2.- Topografía

La topografía de la Cuenca "La Quebrada" es accidentada, su rango altitudinal oscila de los 100 a 760 m.s.n.m. (fig. 2) entre sus principales elevaciones están: el Cerro La Minita con 760 m.s.n.m y el C. del Tepemezquite con 720 m.s.n.m. INEGI (1973).

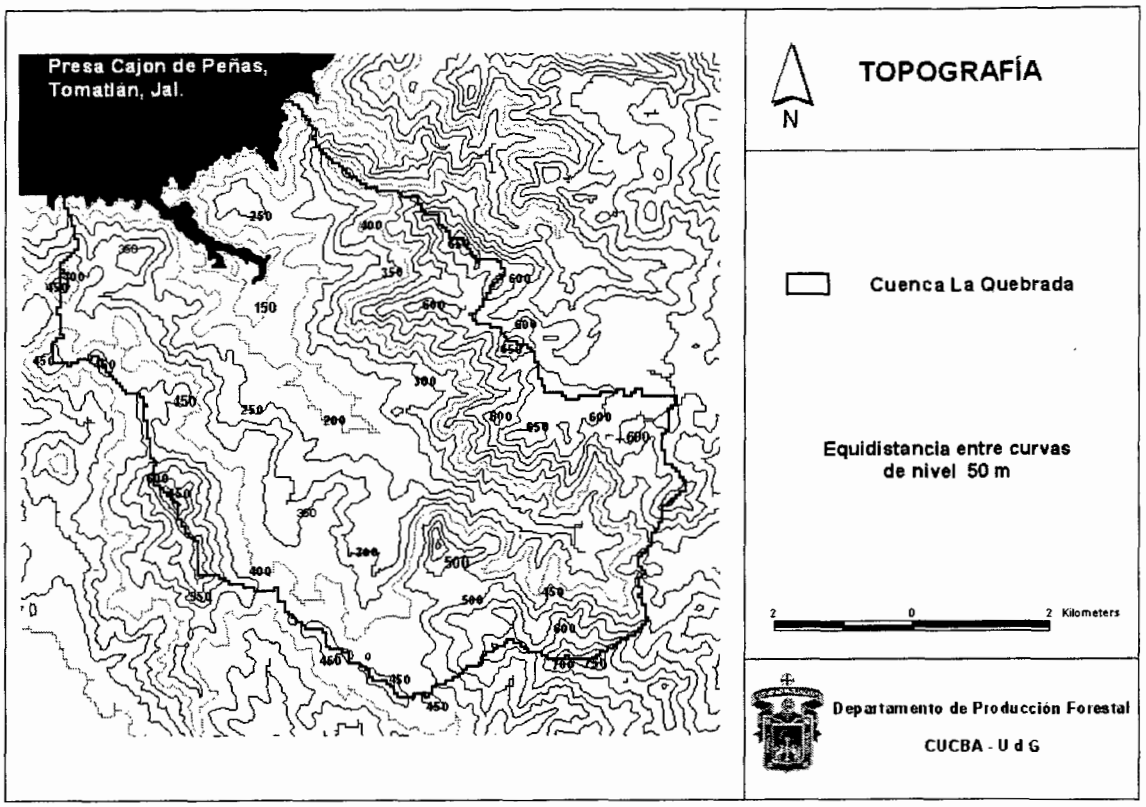


Figura 2.- Topografía del área de estudio

3.1.3.- Clima

Los datos corresponden a la estación meteorológica 14-024 Cajón de Peñas, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García el clima es A w 1 (w) (i') cálido subhumedo con lluvias en verano con una precipitación promedio anual de 1408 mm, presentándose las mayores precipitaciones en los meses de julio a octubre; la temperatura media anual es de 25.8° C y presenta una oscilación entre 5° y 7° C (Fig.3), (SPP 1981).

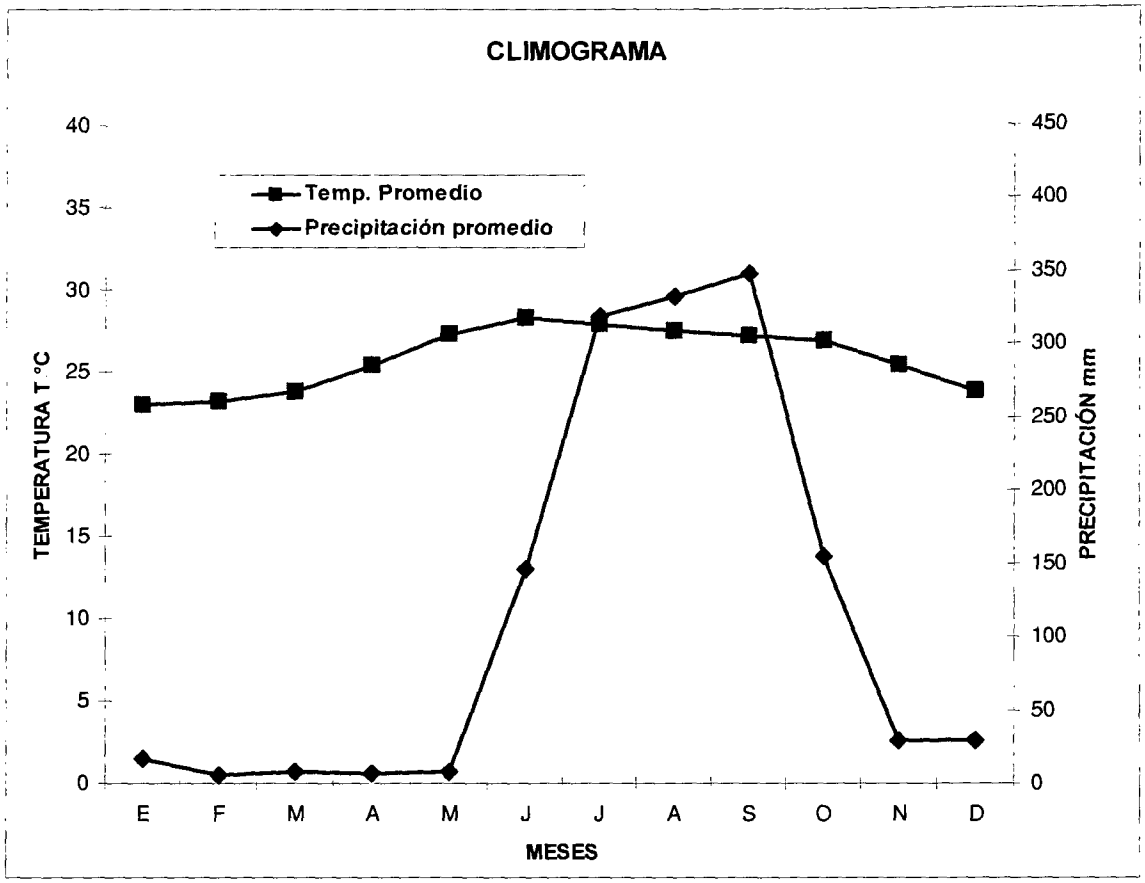


Figura 3.- Grafica de precipitación y temperatura mensual del área de estudio.

3.1.4.- Suelo

La guía para la interpretación de cartografía (INEGI, 1989) menciona que de acuerdo con la clasificación de FAO / UNESCO (1970) modificado por la DGG, los suelos presentes en la zona (Fig. 4) corresponden a asociaciones de unidades como:

- Regosol eútrico (Re): se caracterizan por no presentar capas distintas, son someros, su fertilidad es de moderada o alta. En general son claros y se parecen bastante a la roca que los subyace, cuando no son profundos. Se encuentran en las laderas de todas las sierras mexicanas, muchas veces acompañado de Litosoles y de afloramientos de roca. Son de susceptibilidad variable a la erosión. En Jalisco se cultivan principalmente granos, con resultados moderados o bajos. En las sierras encuentran un uso pecuario y forestal, con resultados variables en función de la vegetación que exista.

- Cambisol eútrico (Be): se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece mas suelo de roca, ya que en ella se forman terrones, además pueden presentar acumulación de algunos materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso, etc. sin que esta acumulación sea muy abundante. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.
- Cambisol crómico (Bc): este tipo de suelo presenta las mismas características que el anterior, con la peculiaridad de ser color rojizo o pardo oscuro, y por tener una alta capacidad para retener nutrientes.
- Feozem haplico (Hh): su característica principal es una capa superficial obscura, suave, rica en materia orgánica y nutrientes, su susceptibilidad a la erosión varía en función de la profundidad y el relieve donde se encuentren.
- Litosol (I): se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca, caliche o tepetate.

La clase textural en general es gruesa INEGI (1973).

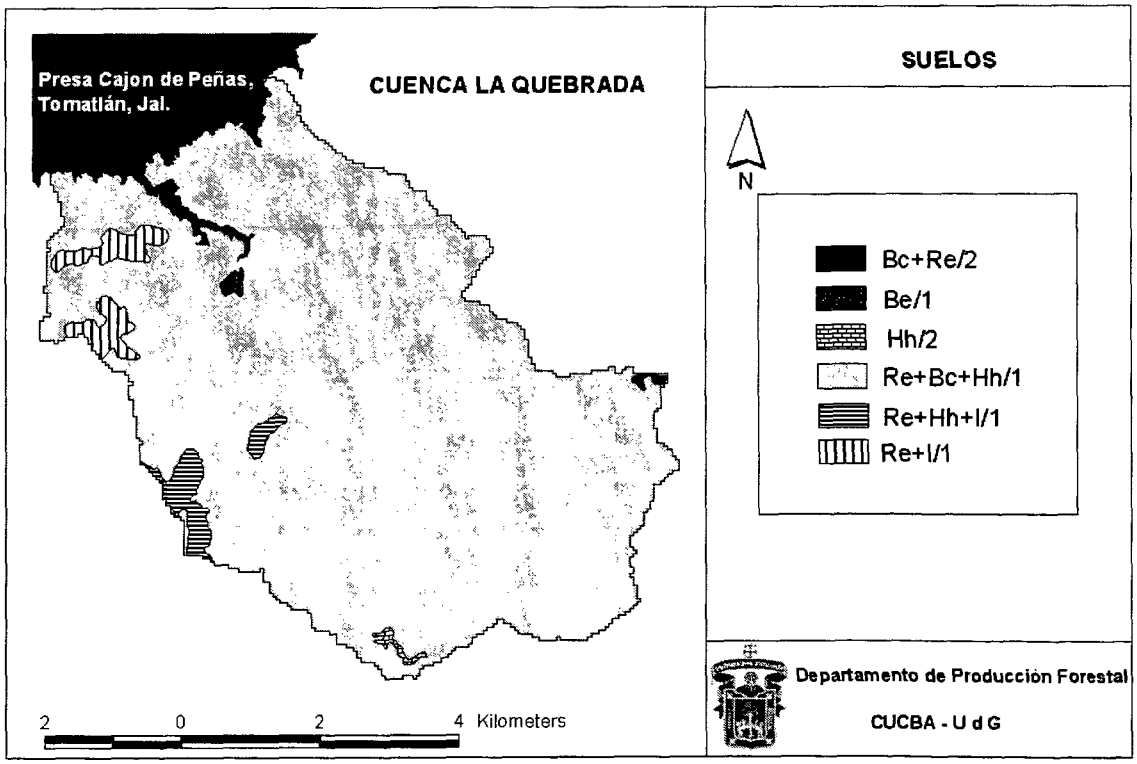


Figura 4.- Mapa de suelos digitalizado a partir de cartografía SPP (1973).

3.1.5.- Vegetación

Dentro de la microcuenca La Quebrada se encuentran áreas con agricultura de temporal, pastizal inducido, bosque tropical subcaducifolio asociado con palmar, bosque de encino, bosque tropical caducifolio y la mayoría de la cuenca presenta bosque tropical subcaducifolio, este ultimo es una comunidad densa y cerrada, cuya fisonomía en la época lluviosa a menudo es comparable con la del bosque tropical perennifolio. Su altura oscila entre los 15 y 40 m (más frecuentemente entre 20 y 30 m) y por lo general el estrato superior forma un dosel uniforme. Los elementos del estrato superior comúnmente tienen troncos derechos y esbeltos que no se ramifican en la parte inferior de la planta y el diámetro de la copa suele ser mucho menor que la altura total del árbol. Los diámetros de los troncos pocas veces sobrepasan 1m y de ordinario oscilan entre los 30 y 80 cm. En Jalisco la especie dominante del bosque tropical subcaducifolio es Capomo *Brosimum alicastrum,* otros árboles altos presentes frecuentemente son Culebro *Astronium graveolens,* Papelillo *Bursera simaruba,* Parota *Enterolobium cyclocarpum,* Higueras *Ficus sp.,* Habillo *Hura polyandra,* Primavera *Roseodendron donell-smithii,* Caoba *Swietenia humilis y* Rosa morada *Tabebuia rosea* (Rzedowski, 1978).

De acuerdo a la Carta del Uso Actual de SPP (1973) para el área de estudio se ilustra los siguientes uso del suelo (Fig. 5): agricultura de temporal (AtpA, 0.1%), bosque tropical subcaducifolio [F(S)m(sc) y FSm(sc), 87.04%], bosque tropical subcaducifolio mezclado con palmar [F(S)m(sc) – Pal, 6.2%], bosque tropical subcaducifolio mezclado con pastizal inducido [F(S)m(sc) – Pi, 2.1%], bosque de encino [FBL(Q), 0.1%], bosque tropical caducifolio [FSb(c), 1.69%], pastizal inducido (Pi, 0.4%) y pastizal inducido asociado con bosque tropical subcaducifolio [Pi – F(S)m(sc), 2.3%].

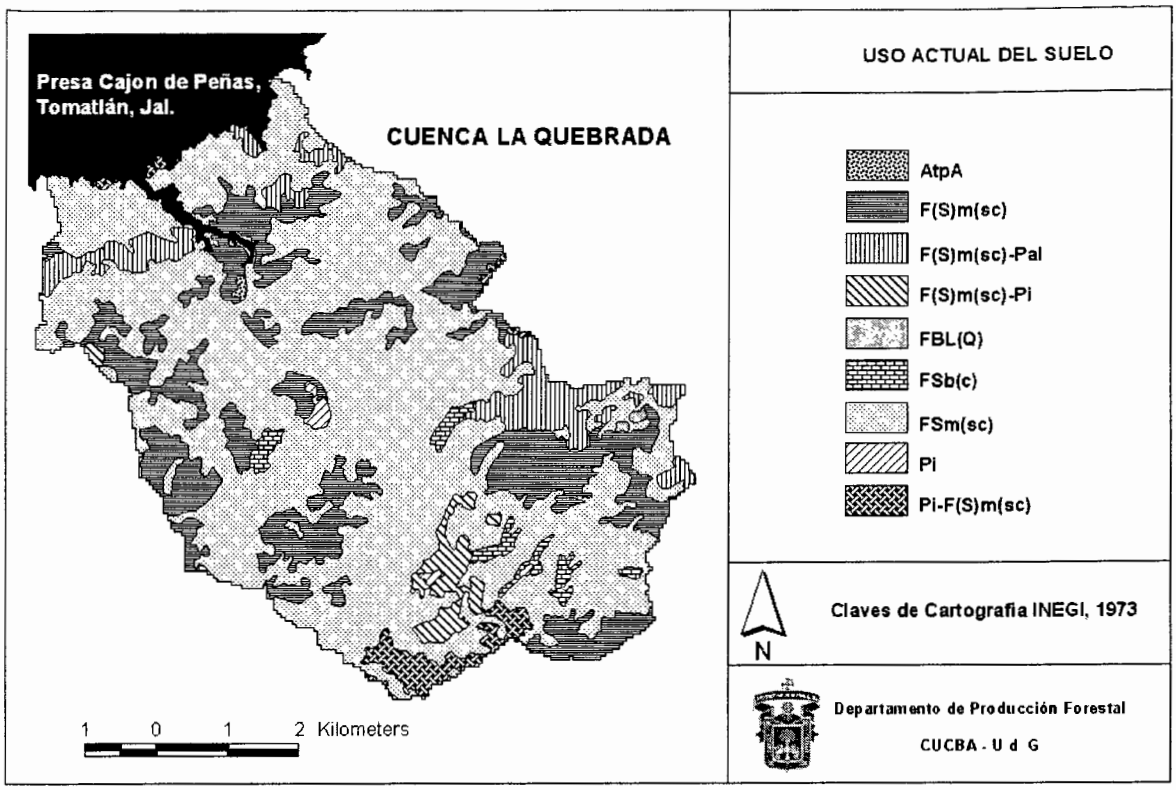


Figura 5.- Mapa de Uso Actual del suelo digitalizado de cartografía de SPP 1973.

3.1.6.- Equipo, Materiales Utilizado y Programas

El equipo y materiales utilizado se enumera a continuación (Fig. 6):

Material	Utilización
Brújula Suunto	Medir azimut de árboles
Clinómetro Suunto	Medir pendiente
Localizador magnético	Buscar varilla
Distanciometro láser Leica y mira BFT2	Medir distancias
Cinta diamétrica	Medir diámetros de árboles
Cuerda acotada de 35m	Comprobar largo de sitio rectangular
GPS Garmin 48	Localizar los sitios ya establecidos
PC	Captura y análisis de datos
Imagen de Satélite Ikonos 2001	Digitalizar caminos del área

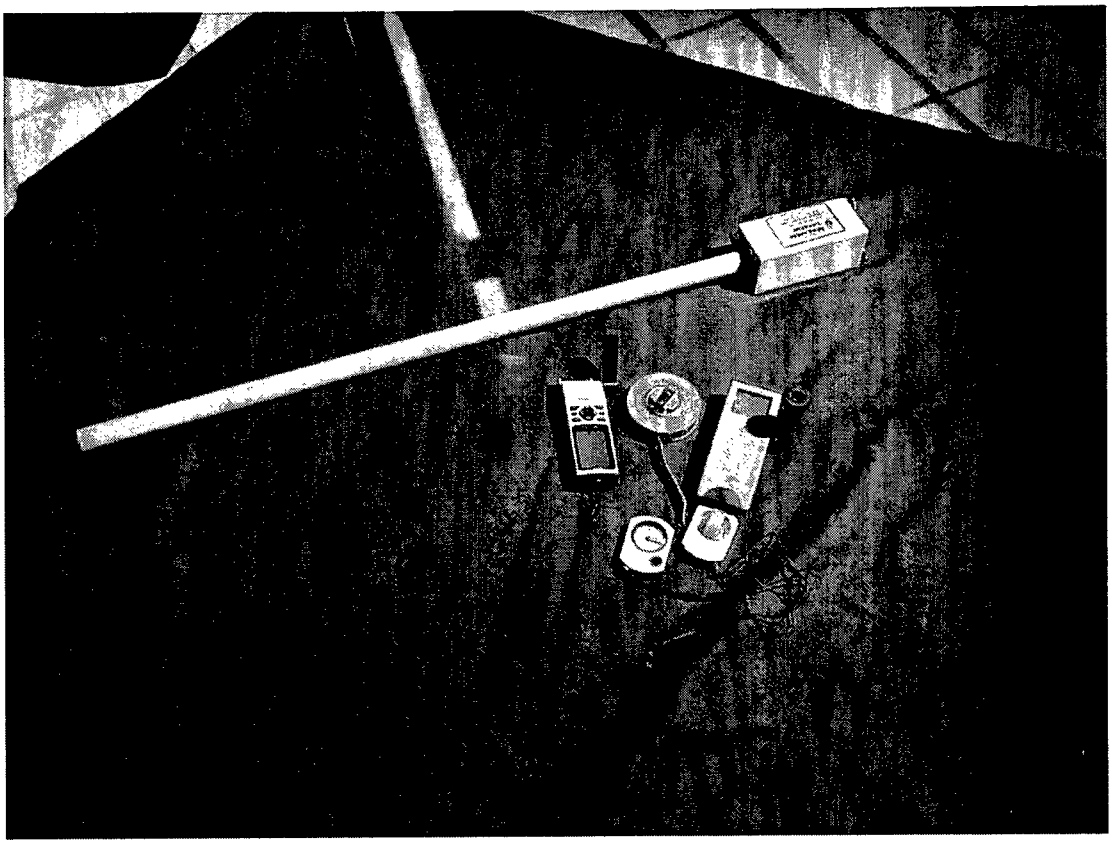


Figura 6.- Equipo de medición forestal utilizado en la toma de datos en campo

Programas para PC

- Programa Microsoft Excel
- Procesador de palabras Microsoft Word
- Paquete estadístico SAS
- ARCVIEW-GIS

3.1.7.- Personal

Se requirió del siguiente personal para la toma de datos en campo:

- 1 Técnico
- 1 Auxiliar para la medición de diámetros e identificación de especies.
- 1 Auxiliar para la medición de Azimut y trazo de rumbos
- 1 Auxiliar para la medición de distancias.

3.2.- Elección de la Muestra

3.2.1.- Criterio Usado para la Elección de los Sitios

Para la selección de los sitos muestra se tomó como base el inventario forestal realizado por Gallegos y Hernández (2000), el cual consistió en un muestreo sistemático con distancias entre líneas de 500 m y entre sitios de 250 m y en el que se establecieron parcelas permanentes concéntricas de 500 m^2 (0.05 ha), de las cuales el punto central quedo acotado con una varilla metálica, para facilitar la posterior localización de sitio.

De la información obtenida en el Inventario de los 357 sitios de la Microcuenca La Quebrada, se calculo el Área Basal extrapolada a la hectárea y se obtuvieron rangos para tres clases de Área Basal (Fig. 7):

- Baja 0 – 20 m^2 /ha
- Media 21 – 40 m^2 /ha
- Alta > 40 m^2 /ha

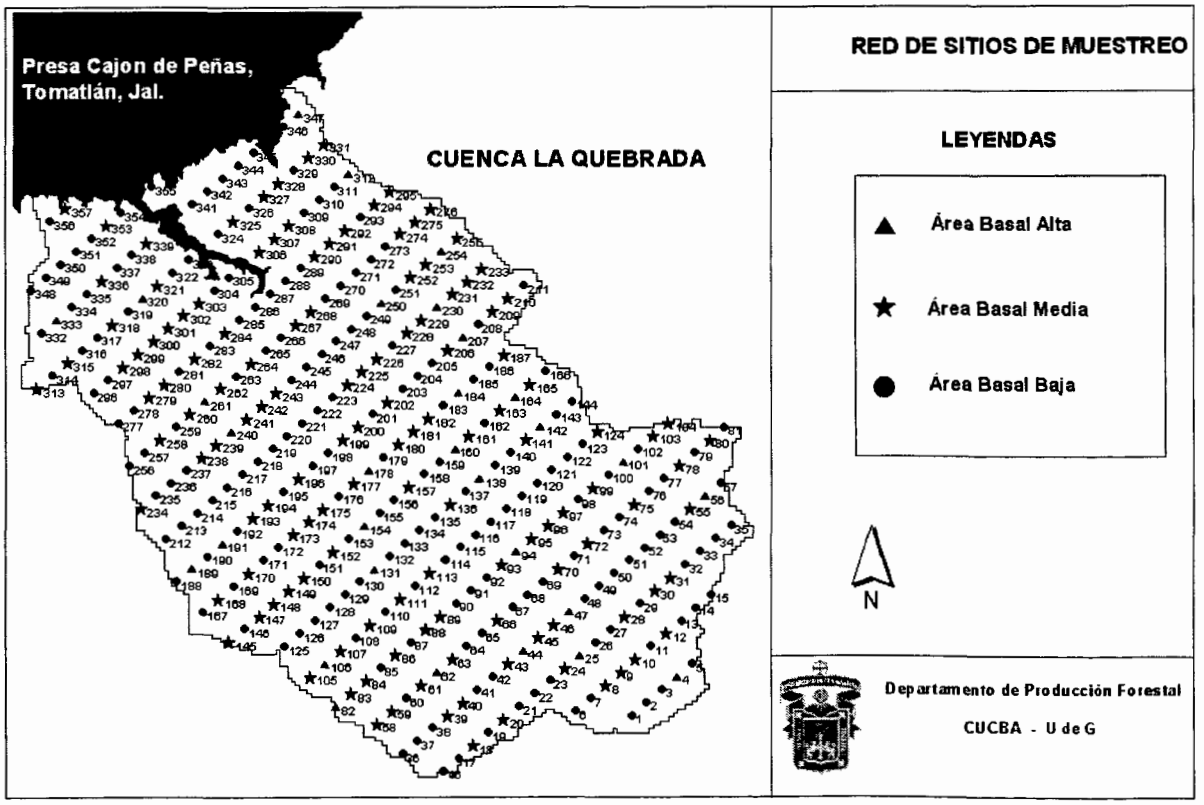


Figura 7.- Red de Sitios de Muestreo por clases de Área Basal.

3.2.2.- Sitios Elegidos

Con el apoyo de una imagen de Satélite de Ikonos de alta resolución del año 2001 se digitalizaron los caminos actuales (Fig. 8) y en función de accesibilidad, clase de Área Basal y su posición dentro de la red de los 357 sitios totales, se eligieron 72 sitios (Tabla 2) para este trabajo.

Tabla 2.- Sitios muestreados

CLASE DE ÁREA BASAL	SITIOS ELEGIDOS	No. TOTAL DE SITIOS
BAJA: 0–20 m^2/ha	5, 54, 57, 27, 26, 162, 183, 151, 153, 155, 156, 263, 265, 260, 176, 179, 222, 220, 245, 319, 323, 324, 305, 335, 334 y 322.	**26**
MEDIA: 21– 40 m^2/ha	31, 55, 45, 46, 28, 24, 199 163, 180, 181, 182, 152, 262, 264, 174, 175, 177, 241, 242, 321, 325, 300, 301, 302, 303 y 306.	**26**
ALTA: > 40 m^2/ha	4, 56, 44, 47, 25, 94, 132, 82, 106, 131, 160, 164, 184, 154, 261, 178, 240, 320, 304 y 333.	**20**

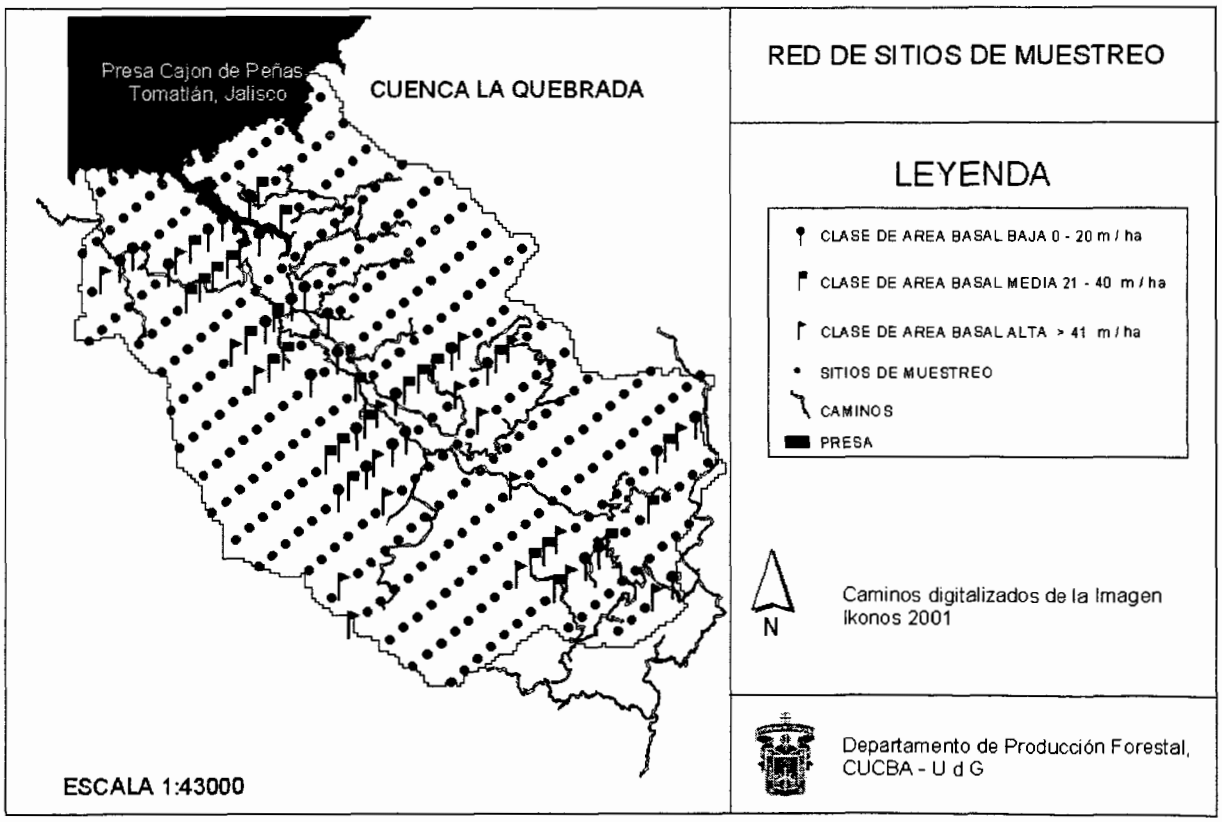


Figura 8.- Mapa de sitios muestreados.

De la clase de área basal alta solo se eligieron 20 sitios dada su baja frecuencia y dispersión por toda el área de estudio.

3.2.3.- Localización de los Sitios en Campo

Para localizar los sitios elegidos se utilizó un GPS con las posiciones geográficas de cada centro de sitio de muestreo, los cuales se buscaron en campo auxiliados por una brújula, una vez encontrado el punto, con un localizador magnético se busco la varilla metálica en el centro del sitio.

A partir de este punto se trazaron los sitios Circulares y Rectangulares tomando la varilla como centro común a las dos formas de sitio.

3.3.- Modelación de Tamaño y Forma de Sitios

3.3.1.- Trazo del Sitio Circular

El trazo del sitio circular se realizo midiendo con un distanciometro láser el radio máximo de 19.54 m, a fin de generar un sitio circular de 1200 m^2 (Fig 9) .

3.3.2- Trazo del Sitio Rectangular

Partiendo de la varilla (centro de cada sitio) se eligió un rumbo que permitiera trazarlo perpendicularmente a la pendiente, con dicho rumbo se median 60 m de largo (la mitad de la longitud total del sitio), después se trazo una perpendicular y se medían 5m (la mitad del ancho total para cada sitio), ubicando de esta manera la esquina del sitio, de la cual se partía para levantar los datos correspondientes (Fig 9).

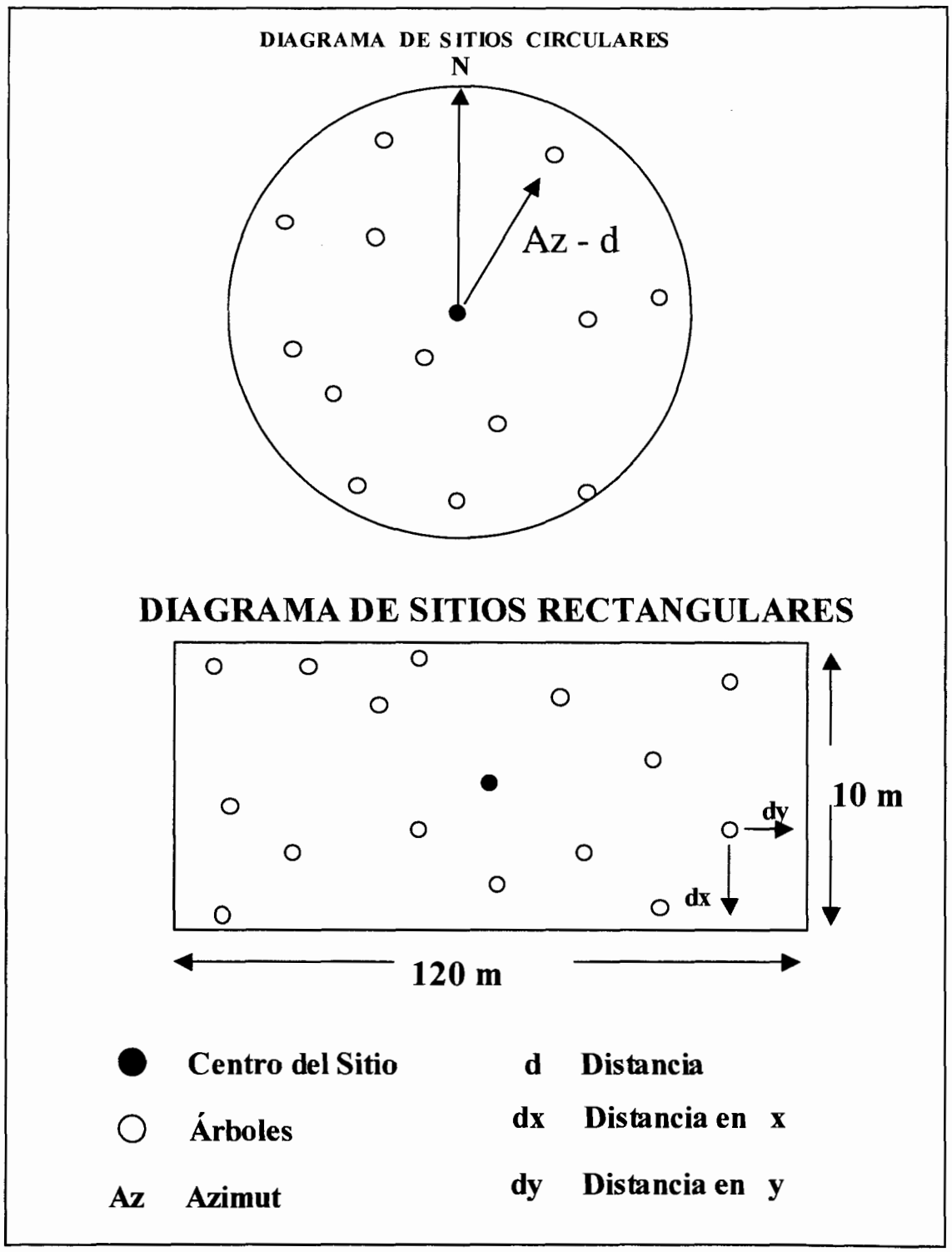


Figura 9.- Trazo del sitio Rectangular y Circular

3.4.- Variables Medidas

Para sitios circulares se midieron todos los árboles con DAP > 10 cm, registrándose el nombre común de la especie, el azimut y la distancia al centro del sitio (Ver Anexo 1).

En sitios rectangulares se contabilizaron todos los árboles con DAP > 10 cm, anotando el nombre común de la especie y la distancia que tiene cada individuo respecto a los ejes coordenados X y Y en sitios rectangulares (Ver anexo 2).

Es importante destacar que en ambos casos se cuantificó el tiempo real de levantamiento de cada sitio, anotando la hora de inicio y termino de toma de datos por forma. Los datos de campo fueron levantados por un equipo de 4 personas.

3.5.- Simulación de Tamaño de Sitios Circulares Y Rectangulares

Los datos registrados por cada árbol permitieron simular diferentes tamaños en las dos formas de sitio (Tabla 2).

Tabla 3.- Dimensiones de los tamaños y formas de sitio de muestreo.

TAMAÑO DE SITIO (m^2)	**CIRCULARES**	**RECTANGULARES**	
	RADIO (m)	**ANCHO (m)**	**LARGO (m)**
250	8.92	10	25
500	12.61	10	50
750	15.45	10	75
1000	17.84	10	100
1200	19.54	10	120

3.6.- Evaluación de los Datos Obtenidos

3.6.1.- Captura de Datos

Los datos obtenidos en campo para los tamaños y formas de sitio se capturaron en una base de datos en Microsoft Excel (Ver ejemplo en Anexos 3 y 4).

3.6.2.- Área Basal

Una de los aspectos empleados con mayor frecuencia para caracterizar el estado de desarrollo de un árbol es el área basal, que se define como el área transversal del fuste a 1.30 cm de altura sobre el suelo (DAP).

El área basal, por su forma irregular, nunca se mide en forma directa, sino que se deriva de la medición del diámetro o perímetro.

Siendo:

d = diámetro, cm.

g = área de la sección, cm^2 o m^2.

El área basal se obtiene de la siguiente expresión:

$$g = (\pi/4)\, d^2$$

El área basal del rodal es un elemento muy importante para la caracterización del rodal, para definir su grado de densidad y volumen. Entre el área basal y el volumen, y entre el crecimiento en área basal y el volumen, existe un marcado paralelismo (Prodan *et al*,1997), es por ello que para evaluar los resultados de este trabajo se utilizara la variable Área Basal.

3.6.3.- Análisis Estadístico del Área Basal

Auxiliados por una rutina del programa SAS se realizo el Análisis Estadístico por Área Basal. Dicho programa calculó el Área Basal Total por sitio y el Área Basal Total por sitio extrapolada a la Hectárea, así como el Coeficiente de

Variación por tamaño y forma, determinando estadísticamente la confiabilidad del tamaño y forma de sitio de muestreo optimo.

3.6.4.- Análisis del Numero de Árboles por Sitio

Akça (1993) afirma que para considerar adecuado un sitio de muestreo para Inventario Forestal, debe incluir en promedio 15 árboles, de manera que se obtuvo el numero de árboles para cada Tamaño y Forma de Sitio, se promedio y de esta manera poder calificar que tipo de sitio cumple con este parámetro.

3.6.5.- Análisis del Tiempo Empleado en cada Sitio

Otra de las variables a evaluar en este trabajo fue la eficiencia y rapidez con que se puede realizar la toma de datos, de manera que se considero evaluar este parámetro tomando en cuenta el tiempo total empleado para el trazo y levantamiento de sitios, de acuerdo a la forma.

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- Coeficiente de Variación por Tamaño y Forma de Sitio

Con apoyo de un Sistema de Información Geográfica, imagen de satélite de Ikonos 2001 de alta resolución y Posicionadores Geográficos (GPS), sé generó la red de caminos y mapas temáticos que permitieron ubicar los 72 sitios muestra de manera mas precisa y en menor tiempo.

Los datos se procesaron en un programa del paquete estadístico SAS (Statistical Analisis System) y de ahí se obtuvieron los valores promedio del Coeficiente de Variación para cada tamaño y forma de sitio, los cuales se presentan en la tabla 3 y la figura 10.

Tabla 4.- Valor promedio del Coeficiente de Variación por Tamaño y Forma de sitio de muestreo.

TAMAÑO (m^2)	COEF. VAR. (%) CIRCULAR	COEF. VAR. (%) RECTANGULAR	DIFERENCIA
250	64.2	68.9	4.7
500	46.1	47.8	1.7
750	41.4	38.6	2.8
1000	40.6	37.4	3.2
1200	42.1	36.3	5.8

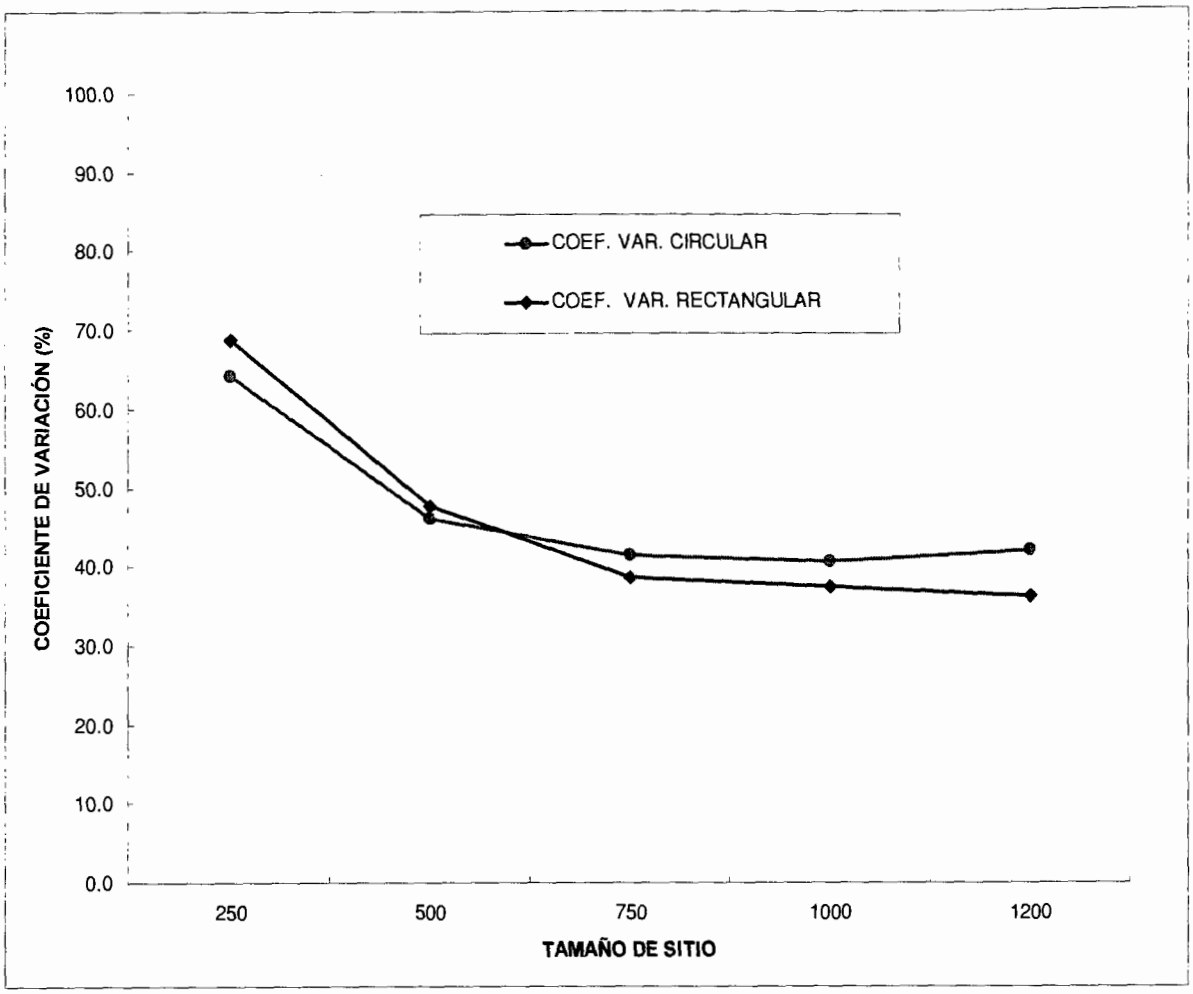


Figura 10.- Coeficiente de Variación por tamaño y forma de sitio de muestreo.

- Los sitios circulares muestran una tendencia descendente en sus valores del Coeficiente de Variación en los tamaños 250, 500, 750 y 1000 m^2, sin embargo, el tamaño de 1200 m^2 se observa un valor del coeficiente de variación mayor (42.1), por encima del sitio de 750 m^2. Esto se contrapone con la teoría de Prodan *et al* (1997) quien dice que al aumentar el tamaño de las unidades, la variabilidad normalmente se reduce y la tasa de reducción es variable según la población. Se busco una explicación a este hecho controlando los sitios con menor numero de árboles y por ende con menor área basal para eliminarlos y tener una muestra mas homogénea, sin embargo, el resultado fue el mismo. También, se calculo el coeficiente variación por clases diamétricas encontrando la misma tendencia.

- En los sitios rectangulares presenta una tendencia definida a la baja en sus Valores del Coeficiente de Variación y la disminución se da desde el sitio de 250 hasta el de 1200 m^2 (Fig. 3).

- En el cuadro 3 se presentan los valores del Coeficiente de variación con sus respectivas diferencias entre los sitios de muestreo circular y rectangular, observándose que los circulares tienen menor variación hasta el tamaño de 500m^2, mientras que en la superficie de 1200m^2 los sitios rectangulares muestran una variación de 5.8% menor que los circulares.

4.2.- Numero de Árboles por Tamaño y Forma de Sitio de Muestreo

De acuerdo a la metodología utilizada, se contó el numero de árboles incluidos para cada tamaño y forma de sitio de muestreo, en la Tabla 4 y en la figura 11 se presentan estos resultados.

Tabla 5.- Valores promedio del numero de árboles incluidos por tamaño y forma de sitio.

Tamaño (m^2)	**No. Árboles Sitio Circular (Desv. Est.)**	**No. Árboles Sitio Rectangular (Desv. Est.)**
250	9 (±3.4)	8 (±3.3)
500	17 (±5.7)	16 (±5.0)
750	23 (±6.8)	24 (±6.3)
1000	28 (±7.9)	31 (±7.8)
1200	30 (±8.4)	37 (±9.6)

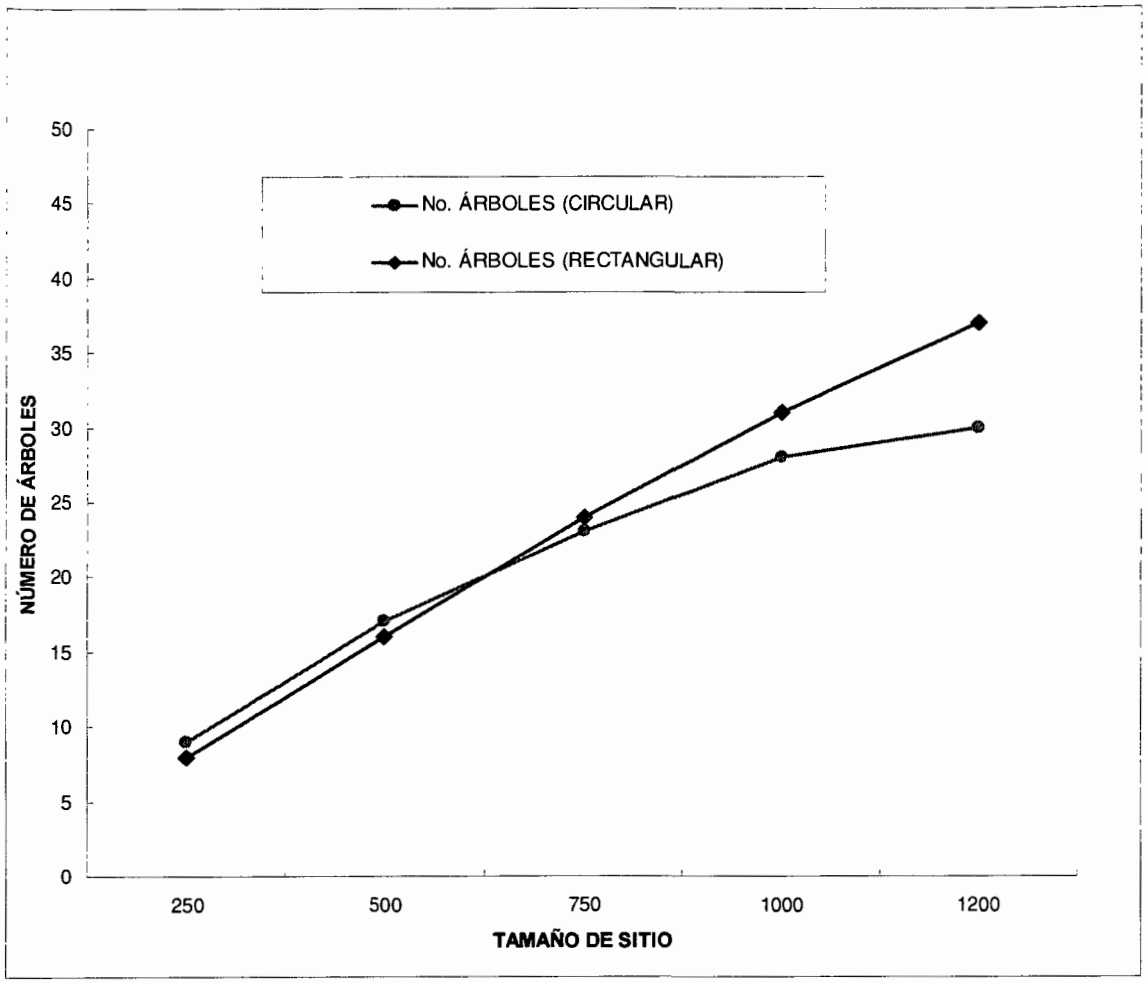


Figura 11.- Número de Árboles promedio incluidos por tamaño y forma de sitio

- En cuanto al número de árboles, los sitios circulares incluyen desde 9 árboles en sitios de 250 m^2 hasta 30 árboles en sitios de 1200 m^2.
- En los sitios rectangulares el numero de árboles incluye desde 8 individuos en sitios de 250 m^2 hasta 37 árboles en sitios de 1200 m^2.

Akça A. (1997) propone que un sitio de muestreo adecuado debe incluir 15 árboles como mínimo, de acuerdo con esto podemos considerar como adecuado el tamaño de 500 m^2 en adelante.

La poca bibliografía existente acerca del tema de evaluación de tamaños y formas de sitio de muestreo para Inventarios Forestales, no permite hacer muchas comparaciones con estudios similares, sin embargo: Caballero y Villa (1970) realizaron una Evaluación Estadística de cuatro tamaños de sitios

circulares en Inventarios Forestales, para un bosque Incoetáneo de Pino – Encino en el Municipio de Leonardo Bravo, Guerrero; los tamaños comparados son 500, 750, 1000 y 1250 m^2 y los valores del Coeficiente de Variación del volumen estimado por sitio presentan una tendencia descendente conforme aumenta el tamaño de sitio, sus autores concluyen que el tamaño de sitio ejerció importante influencia en la precisión del muestreo, aunque esta evaluación se realizo en un bosque templado y la variable analizada fue el volumen.

Para este trabajo se evaluó la precisión de los sitios con el coeficiente de variación del área basal y no del volumen, porque no se dispone de tablas o ecuación de volumen para todas las especies presentes en el áreas de estudio, Prodan *et al* (1997), mencionan que el área basal del rodal es un elemento muy importante para su caracterización y que existe un marcado paralelismo entre área basal y volumen,

Las diferencias de los Coeficientes de Variación por tamaño y forma entre sitios puede explicarse por el numero de árboles que incluye cada sitio. Comparando el tamaño y forma de sitios puede verse que hasta el tamaño de 500 m^2, en sitios circulares se presenta un mayor numero de árboles y un menor coeficiente de variación y los rectangulares presentan un menor numero de árboles y un mayor coeficiente de variación; pero a partir del tamaño de 750 m^2 las tendencias se invierten y él número de árboles es mayor en sitios rectangulares que en circulares y el coeficiente de variación es menor para sitios rectangulares que para circulares.

Podría pensarse que los sitios rectangulares son mas convenientes que los circulares dado que presentan a partir de 750 m^2 valores menores del coeficiente de variación, esto debido al mayor numero de árboles y por lo tanto al mayor valor del área basal, sin embargo, Olvera *et al* (1996) afirman que los sitios circulares presentan la excelente ventaja de tener menor perímetro que los rectangulares para una misma superficie, lo cual significa menor posibilidad de error al contabilizar a los árboles cuya pertenencia al sitio sea dudosa, lo que

coincide con Sosa (1981), quien menciona que en los Trópicos, donde el acceso es difícil, la utilización de las fajas ha sido una tendencia común, pero existe el riesgo de sesgo en la definición del perímetro de una faja. Por ejemplo: una parcela de 0.1 ha medida con una faja de 10m de ancho y 100m de largo tiene un perímetro de 220m, mientras que el perímetro correspondiente para la parcela circular es de alrededor de 110m; de acuerdo a esto aun cuando en sitios rectangulares el incremento del numero de árboles significa una disminución del Coeficiente de Variación, no significa precisamente mayor precisión ya que se puede estar sobreestimando el valor real de la presencia y / o frecuencia de árboles, lo que implica mayor posibilidad de error en la información obtenida a través de un Inventario realizado con los sitios rectangulares. Para la elección del tamaño de sitio, también, se deben considerar el aspecto económico, en virtud de que un mayor tamaño de sitio implica mayor tiempo para el registro de datos de campo.

Por otro lado, es importante señalar que dentro de los sitios circulares la diferencia del coeficiente de variación entre tamaños es grande (18.1%) de los 250 a los 500 m^2, esta diferencia se hace menor entre los 500 y 750 m^2 (4.7%) y entre 500 y 1000 m^2 (0.7%) y en los sitios de 1200 m^2 hay un incremento por encima del de 750 m^2, por lo que se puede considerar que la diferencia de la variación es significativa hasta los 750 m^2.

Mientras que en los sitios rectangulares el coeficiente de variación disminuye fuertemente (21.1%) entre 250 y 500 m^2, entre 500 y 750 m^2 la disminución es de (9.2%), y la variación entre los de 750. 1000 y 1200 m^2 son de alrededor de 1%, por lo que se puede considerar que la diferencia de la variación es significativa hasta el sitio de 750 m^2, a partir del cual la variación ya no disminuye significativamente.

4.3.- Tiempo de levantamiento de datos por forma de sitio

El levantamiento de datos en campo se realizo en un lapso de 3 semanas, con 5 días efectivos por semana (de lunes a viernes). Cabe resaltar que el equipo de medición forestal usado para este trabajo es de alta tecnología (distanciometro láser, localizador magnético, clinómetro, brújula y cinta diamétrica), lo represento una reducción en el tiempo de toma de datos.

Los resultados del tiempo empleado en el levantamiento de cada sitio en la forma circular y rectangular se presentan en la tabla 4 y figura 12.

Tabla 4.- Valor máximo, mínimo y promedio del tiempo empleado en toma de datos para sitios rectangulares y circulares.

Tiempo (minutos)			
	Promedio	**Mínimo**	**Máximo**
Circular	**19**	**6**	**45**
Rectangular	**30**	**13**	**65**

De acuerdo a estos resultados de tiempo que se necesita invertir para el trazo del sitio y la toma de datos en campo, los sitios circulares representan un ahorro del 37.6% respecto a los sitios rectangulares.

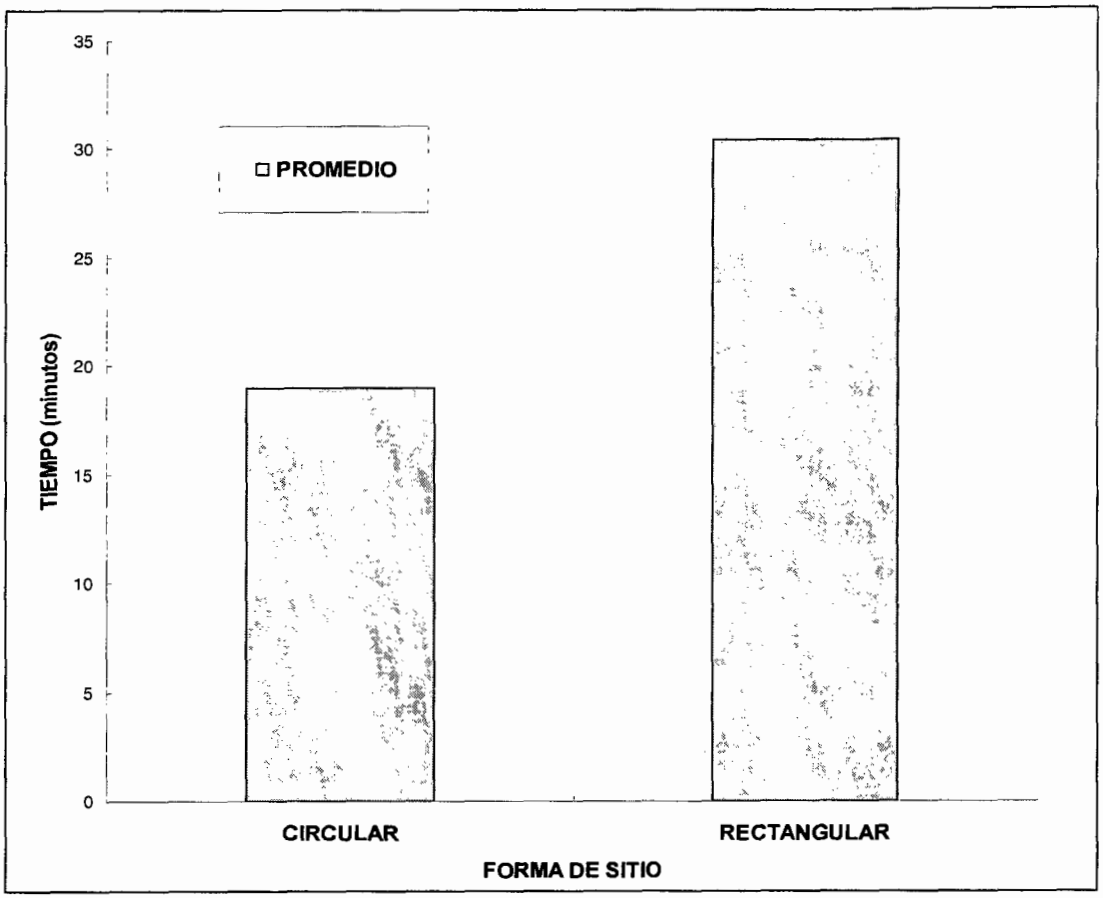


Fig. 12.- Tiempo en minutos por forma de sitio, Valores promedio del total de sitios.

El numero de personas que se emplearon para la toma de datos fue de 4 en las dos formas de sitio, sin embargo, dada la diferencia en los tiempos se hizo un análisis mas detallado y tomando en cuenta que el tiempo usado en la toma de datos de los sitios, se presenta el siguiente análisis:

Tabla 5.- Datos reales de salarios del personal (Junio 2001)

Personal	Salario diario x persona	Salario diario x brigada
3 –Auxiliares	$ 100.00	$ 300.00
1 – Técnico	$ 230.00	$ 230.00
Total		**$ 530.00**

Sin considerar los gastos de alimentación

Del total de sitios evaluados se tomaron 2 transectos de 6 sitios consecutivos cada uno, correspondientes a los sitios del 301 – 306 y 319 – 324, a fin de estimar el tiempo promedio de traslado entre sitios, resultando 15 minutos en promedio.

De acuerdo con este dato y el tiempo promedio de medición en sitios rectangulares y circulares se estimo que en jornadas de 8 horas (correspondiente a un día de trabajo), se pueden realizar 14 sitios de forma circular y 10 sitios de forma rectangular.

Por lo tanto, para las condiciones del Predio la Quebrada, el costo por brigada entre el numero de sitios circulares es de $ 530.00 pesos / 14 sitios = $ 37.85 pesos por sitio. Mientras que el costo por brigada en sitios rectangulares, es igual a $ 530.00 / 10 sitios, resultando $ 53.00 pesos por sitio.

Comparando estos resultados los sitios circulares representan un ahorro del 28.6 % en dinero, respecto a los rectangulares.

La utilización de la tecnología punta como, distanciómetros láser y GPS, permitió en gran medida reducir los tiempos y costos del trabajo de campo.

5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La confiabilidad estadística estimada, a través del coeficiente de variación, permite concluir, que los sitios de 500 y 750 m^2 en ambas formas son adecuados para el levantamiento de datos dasométricos, dado que a partir de estos tamaño la reducción del coeficiente de variación es mínimo en ambas formas para el resto de los tamaños.

El número de árboles promedio incluidos dentro de cada tamaño y forma de sitio, permite afirmar que los sitios de 500 m^2 cumplen con el mínimo propuesto por Akça (1997), quien recomienda 15 árboles promedio por sitio de muestreo.

El tiempo empleado en la toma de datos por forma de sitio, permite afirmar que los sitios circulares en comparación con los rectangulares son mas rápidos y por ende, más económicos, ya que representan un ahorro del 37.6 % en tiempo y un 28.6% en dinero.

Para las condiciones del bosque tropical de la microcuenca "La Quebrada", se recomienda el uso de sitios de muestreo circulares de 500 m^2 para inventario forestal con fines de manejo por su confiabilidad estadística, además de sus ventajas ergonométricas.

Es necesario realizar mas trabajos respecto al tamaño y forma de sitios de muestreo para inventario forestal con fines de manejo en bosques tropicales, bajo diferentes perspectivas de uso.

6.- LITERATURA CITADA

AGUIRRE C., O. 1995. Optimización de Inventarios Forestales para Manejo Forestal, un Caso de estudio en Durango, México. Investigación Agraria. Vol. 4.

AKÇA A. 1997. Waldinventur, Cuvillier Verlag, Göttingen, Alemania.

CABALLERO D., M. 1973. Estadística Practica para Dasónomos. Dirección General del Inventario Nacional Forestal. Publicación # 26. México.

CABALLERO D., M. A. y VILLA S., A. B, 1970. Evaluación Estadística de Cuatro Tamaños de Sitios Circulares en Inventarios Forestales. Dirección General del Inventario Nacional Forestal SARH. Publicación # 18. México D. F.

CARRILLO E., G. 1989. Apuntes del Curso de Inventarios Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Serie de Apoyo Académico No. 35. México.

CERTIFICADOR: SMART WOOD PROGRAM 61 MILLET STREET RICHMOND, VT 05477 USA.1998. "Resumen Público de la Certificación de Manejo Forestal de Ejido Noh Bec Quintana Roo, México. Bosque Tropical "

DIRECCIÓN GENERAL DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL, 1976. Procedimientos Básicos para Inventarios Forestales con Fines de Aprovechamientos Maderables. Publicación # 37. México.

HUSCH, B. 1971. FAO Estudios de Silvicultura y Productos Forestales # 17. Roma

GALLEGOS, R. A; y HERNÁNDEZ, A. E.. 2000. Reporte Técnico del Proyecto Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el Manejo de

Bosques Tropicales en la Región Costa de Jalisco, México. CONACYT Referencia 31808-B. Las Agujas, Zapopan, Jalisco, Méx.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA (INEGI). 1989. Guías para la Interpretación de Cartografía, Edafología. Aguascalientes, Ags.

MEDINA, B. R. 1982. Técnicas Usadas en los Inventarios Forestales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Revista Ciencia Forestal # 37.

OLVERA V., M., MORENO G., S. Y FIGUEROA R., B., 1996 "Sitios Permanentes para la Investigación Silvícola" Manual para su Establecimiento. Universidad de Guadalajara .

ORTEGA C., A. Y CURIEL A., G. M. 2000. "Problemática en la Elaboración de Planes de Manejo para Bosques Tropicales". Memoria del Taller Internacional de Evaluación y Monitoreo en Bosques Tropicales, "Perspectivas para un Manejo Sostenido"CUCBA, Universidad de Guadalajara.

PADILLA G., H. 1983. "Inventarios para Ordenación de Montes" Primeras Jornadas Forestales Hispano – Mexicanas. SARH Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Publicación Especial # 41. México.

PÄIVINEN, R. 1994. "Directrices Internacionales de IUFRO para la Monitorización de los Recursos Forestales" IUFRO World Series Vol. 5. Vienna.

PELZ, D. R., 2000 "Inventarios Forestales en Bosques Tropicales de Tailandia y Malasia". Memoria del Taller Internacional Evaluación y Monitoreo en Bosques Tropicales "Perspectivas para un Manejo Sostenido" CUCBA, Universidad de Guadalajara.

PRODAN M., PETERS R., COX F., REAL P., 1997. "Mensura Forestal" Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Gmbh: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José de Costa Rica.
RZEDOWSKI, J. 1978."Vegetación de México" Ed. LIMUSA. México

RAZURA G., J. L., 2000. "Auditorias Técnicas en Selvas" Memoria del Taller Internacional Evaluación Y Monitoreo en Bosques Tropicales "Perspectivas para un Manejo Sostenido" CUCBA, Universidad de Guadalajara.

ROMAHN V., C. F., RAMÍREZ M., H. Y TREVIÑO G., J. L. 1994 "Dendrometría" Universidad Autónoma Chapingo. México.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS (SARH), SUBSECRETARIA FORESTAL Y DE LA FAUNA, DIR. GRAL. DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL, 1979. "Inventario Forestal del Estado de San Luis Potosí" Publicación # 46. México D. F.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS (SARH) 1985. "Inventario Forestal del Estado de Campeche" Publicación especial # 56. México D. F.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS (SARH) 1985. "Inventario Forestal del Estado de Tabasco" Publicación especial # 54. México D. F.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS (SARH). 1985. "Inventario Forestal del Estado de Yucatán" Publicación especial # 55. México D. F.

SECRETARIA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO (SPP), 1973. Tomatlán. Carta Topográfica. E13 A19. Escala 1 : 50,000

SECRETARIA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO (SPP), 1973. Tomatlán. Carta Edafológica. E13 A19. Escala 1 : 50,000.

SECRETARIA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO (SPP), 1980. Guadalajara. Carta de Climas. Escala 1 : 1000000.

SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO (SPP), 1981."Síntesis Geográfica del Estado de Jalisco" México D. F.

SOSA C., V. E., 1981. "Inventarios Forestales" Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. Revista Ciencia Forestal # 31.

SPITTLER, M. P. (sin fecha) " Guía Técnica para el Inventario Rápido de Bosques Secundarios en la Zona Norte de Costa Rica". COSEFORMA.

STANLEY, S. A. 1997. Muestreo Diagnostico: una Herramienta Útil en la Toma de Decisiones Silvícolas; una Guía para la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala / Turrialba, CATIE / CONAP. Costa Rica.

VILLA S., A. B. 1973 . Generalidades Sobre la Forma y el Tamaño de los Sitios de Muestreo Usados en Inventarios Forestales. Dirección General del Inventario Nacional Forestal. Publicación especial No. 23

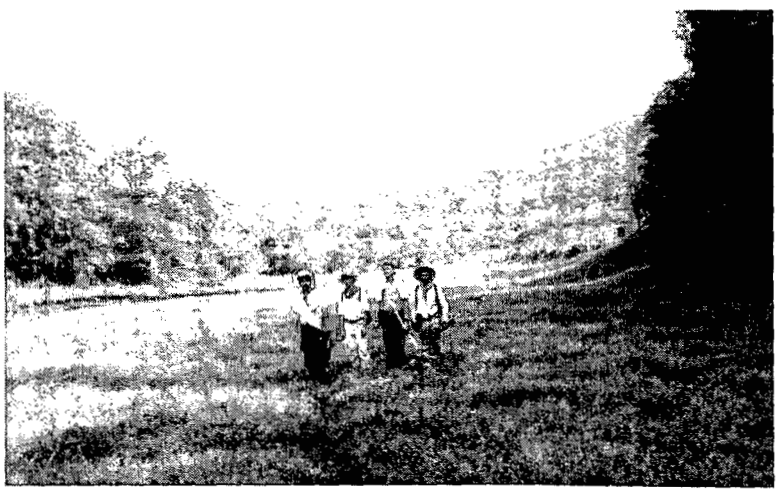
ANEXOS

Imágenes del trabajo de campo y panorámica del área de estudio.

Localización de un sitio

Trazando sitio rectangular

La cuadrilla de trabajo



ANEXO 1.- FORMATO UTILIZADO PARA LA TOMA DE DATOS DE SITIO CIRCULAR:

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA-SERVICIOS FORESTALES EL TUITO

INVENTARIO FORESTAL DE BOSQUES TROPICALES

CUENCA "LA QUEBRADA"

INICIO: **TERMINO:**

PREDIO:	GPS: UTM:	EROSIÓN: Laminar, surco, cárcava.
SITIO:	POSICIÓN:	TEXTURA:
FECHA:	PERTURBACIÓN:	% PEDREGOSIDAD:

EVALUACIÓN DASOMETRICA, SITIOS DE 1200 m^2, 19.54 m DE RADIO

No.	Especie	Dap	Azimut	Distancia	Observaciones

ANEXO 2.- FORMATO UTILIZADO PARA LA TOMA DE DATOS DE SITIOS RECTANGULARES.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA-SERVICIOS FORESTALES EL TUITO

INVENTARIO DE BOSQUES TROPICALES

CUENCA "LA QUEBRADA"

INICIO: **TERMINO:**

PREDIO:	GPS: UTM:	EROSIÓN: Laminar, surco, cárcava.
SITIO:	POSICIÓN:	TEXTURA:
FECHA:	PERTURBACIÓN:	% PEDREGOSIDAD:

EVALUACIÓN DASOMETRICA, SITIOS RECTANGULARES DE 1200 m^2

No.	Especie	Dap	DX	DY	Observaciones

ANEXO 3.- DATOS CAPTURADOS INFORMACIÓN DE UN SITIO CIRCULAR

SITIO	25			
No.	ESPECIE	DAP	AZIMUT	DISTANCIA
1	Zapotillo	12.4	9	16.45
2	Naranjillo	19.5	9	16.95
3	Capomo	47.5	16	10.29
4	Naranjillo	13	21	7.32
5	Capomo	30	55	6.64
6	Rosa morada	19.5	84	13.41
7	Capomo	25	93	13
8	Naranjillo	20	103	13.88
9	Naranjillo	25	107	6.15
10	Zapotillo	30	107	6.42
11	Naranjillo	17	110	6.72
12	Capomo	65	198	6.05
13	Cabra	16	203	6.23
14	Capomo	23	208	6.97
15	Cabra	28	211	12
16	Capomo	16	227	12.08
17	Naranjillo	25	229	15.44
18	Capomo	77	241	6.61
19	Cabra	22	252	7.04
20	Matapalo	100	277	10.57
21	Hormiguillo	12	298	9.02
22	Rosa morada	15	301	13.65
23	Quemador	20	333	16.92
24	Quemador	12	338	3.1

ANEXO 4.- DATOS CAPTURADOS DE UN SITIO RECTANGULAR

SITIO	25			
No.	ESPECIE	DAP	DX	DY
1	Quemador	16.5	7.88	3.16
2	Quemador	14.3	2.49	3.16
3	Habillo	28	6.87	3.16
4	Quemador	12.5	8.15	7.16
5	Quemador	11	8.62	11.14
6	Rosa morada	11	7.72	11.51
7	Rosa morada	16	4.49	11.51
8	Quemador	13	6.33	11.51
9	Capomo	25	1.33	21.14
10	Clavellina	19	3.96	24.48
11	Capomo	24.6	7.56	33.36
12	Cedro blanco	16.5	0.42	33.38
13	Habillo	11	2.52	41.28
14	Capomo	45	2.35	51.47
15	Quemador	12	2.32	5.89
16	Cabra	21	1.02	64.51
17	Capomo	65	1.52	64.51
18	Cabra	16	6.6	70.77
19	Capomo	65	1.52	64.51
20	Cabra	16	6.6	70.77
21	Capomo	55	6.57	70.77
22	Capomo	23	5.64	70.77
23	Cabra	28	2.6	73.9
24	Capomo	31	3.01	74.1
25	Naranjillo	28.5	1.08	85
26	Papelillo	47	4.12	96.45
27	Cuero de Indio	16	3.24	96.45
28	Parota	55.6	2.46	110.41