

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



TAMAÑO DE SITIO DE MUESTREO PARA
INVENTARIOS FORESTALES EN UNA SELVA
BAJA CADUCIFOLIA DE LA COSTA DE JALISCO

MODALIDAD DE TITULACIÓN
TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTA

Jaime Roberto Padilla Martínez

ZAPOPAN, JALISCO, JULIO DE 2013



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO
COMITÉ DE TITULACIÓN

DR. SALVADOR HURTADO DE LA PEÑA
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
PRESENTE

Con toda atención nos permitimos hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobada la modalidad de: TESIS E INFORMES, opción TESIS, con el título:

TAMAÑO DE SITIO DE MUESTREO PARA INVENTARIOS FORESTALES EN UNA SELVA BAJA CADUCIFOLIA DELA COSTA DE JALISCO.

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

JAIME ROBERTO PADILLA MARTÍNEZ

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

M.C. ANTONIO MORA SANTACRUZ	DIRECTOR
M.C. GERARDO ALBERTO GONZÁLEZ CUEVAS	ASESOR
ING. ERNESTO ARÉCHIGA GUZMÁN	ASESOR

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

DR. AGUSTÍN GALLEGOS RODRÍGUEZ	PRESIDENTE
ING. JUAN ESPINOZA ARÉCHIGA	SECRETARIO
DRA. MARÍA LEONOR ROMÁN MIRANDA	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 20 de agosto de 2013.

M.C. JORGE RAÚL TORAL FLORES
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN



DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

DRA. MARÍA LUISA GARCÍA SAHAGÚN
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

AGRADECIMIENTOS

Definitivamente este trabajo no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas que me brindaron su ayuda; siempre resultará difícil agradecer a todos aquellos que de una u otra manera me han acompañado durante mi proceso de formación profesional.

Agradezco al M.C. Antonio Mora Santacruz y al Ing. Ernesto Aréchiga Guzmán por su orientación, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido para la realización de este proyecto.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
LISTA DE ACRÓNIMOS.....	iii
RESUMEN.....	iv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
<u>1.1 Problemática</u>	1
<u>1.2 Justificación</u>	2
<u>1.3 Importancia</u>	3
<u>1.4 Objetivos</u>	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos particulares	4
<u>1.5 Hipótesis</u>	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
<u>2.1 Selva baja caducifolia</u>	5
2.1.1 Importancia de las selvas bajas caducifolias	7
<u>2.2 Inventarios forestales</u>	8
2.2.1 Tipos de inventario	9
<u>2.3 Sitios de muestreo</u>	11
<u>2.4 Forma del sitio de muestreo</u>	11
<u>2.5 Tamaño del sitio de muestreo</u>	12
2.5.1 Tamaños de sitio utilizados en bosques tropicales en América	14
2.5.2 Tamaño de sitio utilizado en México	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
<u>3.1 Descripción del medio físico y biológico</u>	18

3.1.1	Orografía	18
3.1.2	Hidrología	19
3.1.3	Clima	19
3.1.4	Edafología	21
3.1.5	Geología	22
3.1.6	Vegetación	23
3.2	<u>Metodología</u>	24
3.2.1	Forma y tamaño de los sitios de muestreo	24
3.2.2	Ubicación de los sitios de muestreo	24
3.2.3	Variables registradas	26
3.3	<u>Procesamiento de los datos</u>	26
3.3.1	Área basal	26
3.3.2	Media aritmética	26
3.3.3	Desviación estándar	27
3.3.4	Coefficiente de variación	27
3.3.5	Calculo del tamaño de muestra en función del error de muestreo	28
3.3.6	Curva especie-área	28
IV.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	29
4.1	<u>Estructura forestal</u>	29
4.2	<u>Determinación del tamaño de sitio de muestreo en base al coeficiente de variación</u>	31
4.3	<u>Determinación del tamaño de sitio de muestreo mediante la curva especie-área</u>	33
4.4	<u>Tamaño de muestra</u>	35
V.	CONCLUSIONES	37
VI.	LITERATURA CITADA	38

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Equivalencias de selva baja caducifolia (Rzedowski, 1978)	5
Cuadro 2. Lista de especies	29
Cuadro 3. Coeficiente de variación.....	32
Cuadro 4. Tamaño de muestra.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución de la selva baja caducifolia.....	7
Figura 2. Sitios de muestreo inventario nacional forestal y de suelos 2004-2009.....	16
Figura 3. Localización del área de estudio.....	17
Figura 4. Provincia fisiográfica “Sierra Madre del Sur”.....	18
Figura 5. Red hidrológica.....	19
Figura 6. Unidades climáticas.....	20
Figura 7. Climograma.....	21
Figura 8. Edafología.....	22
Figura 9. Geología.....	23
Figura 10. Forma y tamaño de los sitios de muestreo.....	25
Figura 11. Distribución de los sitios de muestreo.....	25
Figura 12. Coeficiente de variación.....	32
Figura 13. Curva especie-área.....	34
Figura 14. Tamaño de muestra.....	35
Figura 15. Tamaño de muestra en función del error de muestreo.....	36

LISTA DE ACRÓNIMOS

CIFOR (Centro de Investigación Forestal)

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad)

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal)

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua)

DAP (Diámetro a la Altura del Pecho)

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la
Agricultura)

FONDEBOSQUE (Fondo de Promoción del Desarrollo Forestal)

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales)

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía)

INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias)

INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales)

OIMT (Organización Internacional de las Maderas Tropicales)

SEMADES (Secretaría de Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable)

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)

SMN (Servicio Meteorológico Nacional)

RESUMEN

La selva baja caducifolia es la vegetación tropical más ampliamente distribuida en México y su ordenación es una de las principales herramientas para su conservación. Sin embargo, las investigaciones en México se centran más sobre las formas y tamaños de sitios de muestreo para inventarios forestales en bosques templados que para tropicales, es decir; no se ha establecido un criterio técnicamente fundamentado en relación a la toma de datos en este tipo de ecosistemas. Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar diferentes tamaños de sitios de muestreo empleando como parámetros de referencia el coeficiente de variación y la curva especie-área en una selva baja caducifolia de la Comunidad Indígena de Tomatlán, Jalisco. Los tamaños de sitios de muestreo evaluados fueron: 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 y 4000 m²; distribuidos sistemáticamente sobre una superficie de 793.13 ha; se levantaron 10 sitios de muestreo de cada uno, registrándose las especies presentes con un diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 10 centímetros. Los resultados obtenidos mediante el parámetro de coeficiente de variación indican que éste disminuye conforme el tamaño de sitio de muestreo aumenta; sin embargo, a partir del tamaño de 2000 m² los valores se estandarizan. La curva especie-área muestra una mayor agregación de especies conforme el tamaño del sitio de muestreo se incrementa, el tamaño de sitio capaz de representar la mayor cantidad de especies en la menor superficie fue el de 2500 m², a partir de este tamaño la incorporación de nuevas especies es mínima. Se concluye que los sitios de muestreo de 2500 m² presentan el menor coeficiente de variación y la mayor cantidad de especies presentes, por lo cual es capaz de captar la mayor variabilidad y expresar mejor las características de la vegetación arbórea del área de estudio.

I. INTRODUCCIÓN

La selva baja caducifolia es la vegetación tropical más ampliamente distribuida en México, incluso es la más extensa en su tipo en Latinoamérica. Del total de comunidades tropicales que cubren el país, alrededor de 60% corresponde a selvas bajas (Trejo, 1996).

Las selvas son consideradas ecosistemas terrestres diversos, pero también frágiles, que albergan gran variedad de especies vegetales y animales, proveen varios servicios ambientales, protegen los suelos contra la erosión, regulan el ciclo hidrológico, influyen en la estabilización del clima, además de proporcionar un gran número de productos entre los que sobresale la madera (Mora, 2003).

La FAO reconoce que uno de los mejores métodos de proteger los bosques es sin lugar a duda su manejo, aplicando medidas de ordenación continuas y permanentes como se alcanzan los principales frutos de conservación, y con mayor motivo si, además, estas medidas pueden dar lugar a beneficios económicos, ecológicos, sociales y científicos (Carrera y Tineo, 1994).

La ordenación forestal sostenible es el proceso de manejar tierras forestales permanentes para lograr uno o más objetivos de ordenación claramente definidos con respecto a la producción de flujo continuo de productos y servicios forestales deseados, con la reducción de efectos indeseables en el entorno físico y social (OIMT, 1998).

1.1. Problemática

En muchos países tropicales, la información existente sobre los recursos forestales es poco satisfactoria, incompleta y no actualizada, ya que son pocos los países que cuentan con al menos, un inventario forestal completo y con una buena metodología (FAO, 2000).

El bosque tropical presenta un problema de magnitud que condiciona y limita el inventario forestal, permitiendo trabajar sólo una pequeña parte de la población y luego, inferir necesariamente los conocimientos adquiridos al bosque en su conjunto (Carrera y Tineo, 1994).

Razura (2000) afirmó 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) mencionó que las experiencias existentes en México para comparar tamaños y formas de sitios de muestreo son limitadas y todas ellas de naturaleza práctica, con el objetivo de reducir costos y tiempos, pero en pocos casos se ha hecho una comparación estadística de la eficiencia de diferentes esquemas de muestreo.

Es importante señalar que en México se ha investigado más sobre las formas y tamaños de sitios de muestreo para inventarios forestales en bosques templados que para tropicales. Es decir; no se ha establecido un criterio técnicamente fundamentado en relación a la toma de datos en este tipo de ecosistemas (González, 2002).

1.2. Justificación

El inventario forestal es una herramienta necesaria para el conocimiento del monte, y la planificación de cualquier recurso, requiere en primer lugar de un conocimiento del mismo (Madrigal, 2002). Tradicionalmente, los trabajos de inventario forestal se realizaban con fines orientados a la producción. Al surgir nuevas demandas de utilidades de los ecosistemas forestales por parte de la sociedad, se han ido incorporando nuevos objetivos, como la estimación de bienes ambientales y estado de conservación de los ecosistemas (Ledo et al., 2012); de hecho, las medidas de biodiversidad ya aparecen en los principales inventarios europeos (Alberdi et al., 2005).

1.3. Importancia

El inventario forestal es un proceso de recopilación y análisis de la información disponible y relevante con la cual; posteriormente se tomarán decisiones basadas en esa información. La muestra por definición, es una parte representativa de un agregado mayor, de la cual pueden hacerse inferencias correctas acerca de los valores de una población. Según Malleux (1982), la muestra de los inventarios forestales generalmente es una superficie arbolada, la cual debe cumplir con las condiciones siguientes:

- Sea representativa de la población.
- Que permita hacer inferencias correctas acerca de la población.

Si la información cumple las condiciones mencionadas, la administración de las tierras de vocación forestal podrán ser manejadas de tal manera que se mantenga la diversidad biológica, la productividad, la capacidad de regeneración, la vitalidad y su potencial para cumplir, ahora y en el futuro, las funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes a nivel local y global.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el tamaño apropiado de sitios de muestreo a fin de contribuir al desarrollo de un método óptimo de inventarios en una selva baja caducifolia de la Costa de Jalisco.

1.4.2. Objetivos particulares

- Evaluar el tamaño óptimo de sitios de muestreo empleando como parámetro dasométrico de referencia el coeficiente de variación del área basal.
- Evaluar diversos tamaños de sitios de muestreo que representen adecuadamente la composición arbórea empleando como parámetro de referencia la curva especie-área.

1.5. Hipótesis

El uso del coeficiente de variación del área basal y la curva especie-área, permiten determinar el tamaño óptimo de sitio de muestreo en una selva baja caducifolia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Selva baja caducifolia

La denominación que ha recibido la selva baja caducifolia ha cambiado de acuerdo al autor que la haya descrito. Rzedowski (1978) en su obra Vegetación de México menciona diferentes equivalencias que recibe este tipo de ecosistema, el Cuadro 1 presenta alguna de ellas:

Cuadro 1. Equivalencias de selva baja caducifolia (Rzedowski, 1978)

Autor	Año	Descripción
Ruebel	1930	Hiemisilvae (en parte)
Leopold	1950	Tropical deciduos forest (en parte) y arid tropical scrub (en parte)
Miranda	1951	Selva baja decidua
Beard	1955	Deciduos seasonal forest
Miranda y Hernández X.	1966	Selva baja caducifolia
Rzedowski	1968	Bosque tropical caducifolio
Lauer	1968	Bosque deciduo semiárido
Flores et al	1971	Selva baja caducifolia
Rzedowski	1978	Bosque tropical caducifolio

La selva baja caducifolia es la vegetación tropical más ampliamente distribuida en México, incluso es la más extensa en su tipo en Latinoamérica. Del total de comunidades tropicales que cubren el país, alrededor de 60% corresponde a las selvas bajas. Fisonómicamente son asociaciones dominadas por árboles de copas extendidas, cuyas alturas fluctúan alrededor de los 8 m. Los arbustos son abundantes y la presencia de lianas se incrementa en las áreas con mayor humedad y cercanas a la costa (Trejo, 1996), la característica más sobresaliente de esta formación vegetal la constituye la pérdida de sus hojas durante un periodo de 5 a 8 meses (Rzedowski, 1978).

Las selvas caducifolias se desarrollan en climas del trópico húmedo y subhúmedo en condiciones de anegación total del suelo en la temporada de lluvias, que se seca durante el estiaje, y constituye el límite térmico e hídrico de los tipos de vegetación de las zonas cálido-húmedas (Pennington y Sarukhán, 1998).

La distribución potencial de las selvas secas abarcaba aproximadamente 33.51 millones de hectáreas del territorio nacional (INEGI 2003), y actualmente ocupan 11.26% de la superficie (7.93 millones de hectáreas en condición primaria y 14.19 millones en condición secundaria). En su conjunto los bosques tropicales subcaducifolios, caducifolios y espinosos comprenden el 20% de la flora mexicana con un aproximado de 6000 especies (Rzedowski, 1991).

Las selvas bajas caducifolias se distribuyen a lo largo de la costa del Pacífico de la Sierra Madre Occidental, en las planicies, llanuras y otras zonas bajas inundables de la Península de Yucatán y el sur de Veracruz y Tabasco (Figura 1). Se presenta en zonas con promedios de temperatura anuales superiores a 20°C y precipitaciones anuales de 1200 mm como máximo, aunque usualmente son del orden de los 800 mm, con una temporada seca que puede durar hasta 7 u 8 meses (INEGI, 2006).

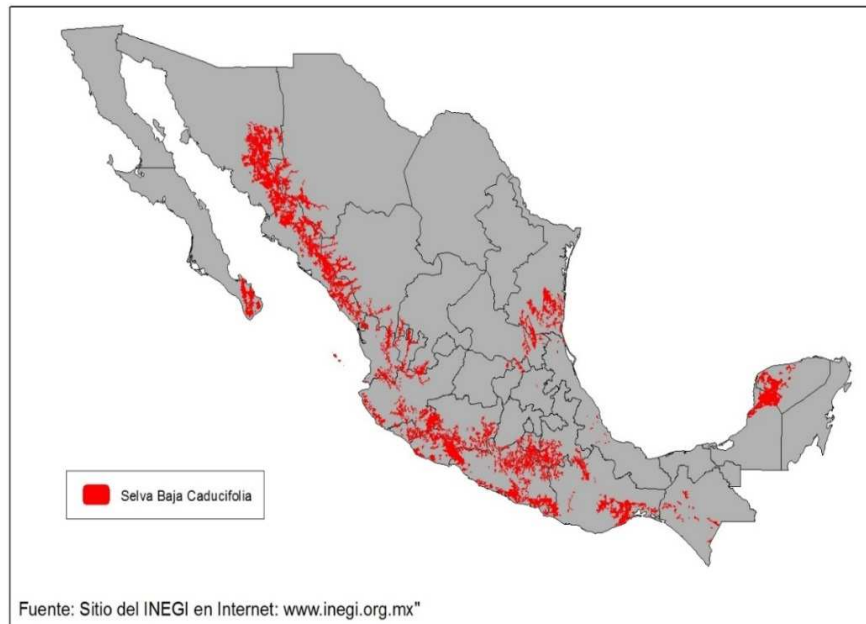


Figura 1. Distribución de la selva baja caducifolia.

Respecto a su flora, las selvas bajas caducifolias tienen un componente endémico muy importante estimado en 25% a nivel de género y 40% al de especie (Rzedowski, 1991).

De acuerdo al ordenamiento ecológico territorial del estado de Jalisco (SEMADES, 2013) la selva baja caducifolia es la vegetación más ampliamente distribuida, con una superficie total de 739,453 ha. El 80 % de la vegetación de la costa de Jalisco lo conforman las selvas bajas caducifolias distribuidas en las partes bajas de la planicie costera caracterizada por arbolado de bajo porte, ubicadas en las áreas con menor precipitación.

2.1.1. Importancia de las selvas bajas caducifolias

Las selvas secas albergan una enorme diversidad de especies que pueden ser útiles para el ser humano y otras que están en peligro de extinción. De estas selvas se extraen alimentos como el nanche (*Byrsonima crassifolia*) o el arrayán (*Psidium sartorianum*); maderas como el barcino (*Cordia elaeagnoides*) o el

guayabillo (*Piranhea mexicana*); plantas medicinales como el cuachalalate (*Amphipterygium adstringens*) o el palo Brasil (*Haematoxylum brasiletto*) y plantas ornamentales como las orquídeas (Balvanera et al, 2000).

La selva baja caducifolia representa un recurso valioso utilizado en forma tradicional, ya que se han registrado alrededor de 400 especies que han sido utilizadas por las comunidades campesinas de México; la mayoría de estas especies tienen un uso tradicional local o regional, algunas de ellas son de interés comercial o industrial. En general, de la selva baja caducifolia los campesinos mexicanos han extraído recursos para diversos fines, tales como postes para cercos, artesanías, alimentos, medicinas, implementos agrícolas, tutores, curtientes, sustancias químicas, forraje y aún hasta productos ornamentales y ceremoniales (Boyás y Maldonado, 1994). Con respecto a la fauna, varias especies tienen un gran valor de uso, la mayoría de ellas con fines alimenticios, curativos, cinegéticos y ornamentales. Algunas especies de flora y fauna tienen alto grado de comercialización y contribuyen significativamente a elevar la economía de las comunidades rurales (Boyás, 1994).

La selva baja caducifolia brinda servicios ambientales como la captura del CO₂, regulan el clima y el flujo del agua, es el hábitat de muchas especies de animales y presenta una gran diversidad biológica.

Los aprovechamientos forestales maderables en las selvas bajas son limitados, ya que los árboles alcanzan poca altura y sus troncos son delgados, además de ser pocas las especies comerciales (SEMADES, 2013).

2.2. Inventarios forestales

Un inventario forestal es un procedimiento útil para obtener información necesaria para la toma de decisiones sobre el manejo y aprovechamiento forestal. Todo inventario de recursos forestales debe recabar información como:

área de bosques, localización y distribución por tipo de bosque, cantidad de recursos existentes, calidad de los recursos y cómo cambian estos en el tiempo (Ortiz y Quirós, 2002).

Con el inventario forestal es posible determinar de manera cualitativa y cuantitativa el potencial del recurso forestal. En términos cualitativos, el inventario permite conocer la variación de la masa forestal en los diferentes estratos o ecosistemas, así como determinar la variación florística del bosque y las características intrínsecas de las especies registradas y en términos cuantitativos, el inventario determina el número de especies por unidades de área y las variables dasométricas, como diámetro a la altura del pecho, altura comercial y altura total de los individuos (Pinelo, 2004).

El objetivo de un inventario forestal es generar información para facilitar la planificación del manejo forestal a mediano y largo plazo (Maginnis et al., 1998).

2.2.1. Tipos de inventario

Según Carrillo (1989) los inventarios forestales se clasifican en:

- De acuerdo al tema:
 - Botánicos
 - Integrales
 - Faunísticos
 - Edafológicos
 - Acuíferos
 - Recreativos
- De acuerdo al uso
 - De gran visión
 - De previsión
 - Para manejo, aprovechamiento, protección e investigación

- Por tipo de vegetación
 - Bosques de clima templado
 - Bosques de clima cálido
 - Vegetación de zonas áridas y semiáridas
- Por su área de influencia
 - Nacionales
 - Estatales
 - Regionales
 - Locales
- Por su periodicidad
 - Temporales
 - Continuos
 - Secuenciales

Malleux (1982) señala que dentro del concepto clásico se han definido varios tipos de inventarios clasificados según el método estadístico y según su objetivo.

- Clasificación de inventarios según el método estadístico.
 - Inventario al 100% (censo).
 - Estratificado.
 - Sin estratificar.
 - Muestreo al azar o sistemático.
 - Estratificado.
 - Sin estratificar.

Un inventario puede ser diseñado considerando el total de la muestra, o bien que se tome una muestra al azar y se considere o no la división de estratos existentes.

- Clasificación de inventarios según objetivo.
 - Inventario exploratorio.
 - Inventario para manejo de bosques naturales.

- Inventario para aprovechamiento forestal.
- Inventario para manejo de plantaciones

El diseño y la realización de cualquier inventario necesariamente debe incluir al menos uno de los clasificados según el método estadístico (Malleux, 1982).

2.3. Sitios de muestreo

La unidad muestral (sitio de muestreo) es la superficie básica donde se realiza el levantamiento o registro de todas las especies vegetales vasculares presentes y donde se realizan las mediciones de determinadas características morfológicas de la población (Ministerio del ambiente, 2011).

En los estudios ecológicos, el diseño de muestreo es la parte que requiere mayor cuidado, ya que éste determina el éxito potencial del inventario, y de éste depende el tipo de análisis e interpretación a realizarse. Para que un muestreo sea lo suficientemente representativo y confiable, debe estar bien diseñado. Esto quiere decir que la muestra a tomarse debe considerar la mayor variabilidad existente en toda una población estadística (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

2.4. Forma del sitio de muestreo

En un inventario forestal se puede utilizar cualquier tipo de sitios de muestreo (circulares, rectangulares, dimensiones fijas o dimensiones variables) para obtener estimaciones del volumen por hectárea o del volumen total de un bosque. Sin embargo, la precisión y el costo del inventario pueden variar significativamente con el tipo de sitio de muestreo utilizado (Ortiz y Carrera, 2002).

Los sitios de muestreo pueden ser rectangulares, cuadrados o circulares. Pero debido a la mala visibilidad y dificultad de definir sus perímetros en bosques tropicales, se recomienda utilizar sitios rectangulares (Dauber, 1995), sin embargo, los sitios circulares también son altamente utilizados para este tipo de vegetación.

Los sitios de muestreo rectangulares tienen la ventaja de evaluar las variables caminando en línea recta, sin necesidad de desplazarse hacia los lados (Matteucci y Colman, 1982).

Los sitios de muestreo cuadrados y rectangulares se utilizan comúnmente en inventarios forestales y también como parcelas permanentes. Son fáciles de levantar, cuando se instalan con su eje en forma perpendicular a las curvas de nivel, una parcela rectangular muestra bien la variabilidad de la ocurrencia de especies (Pineda, 1996).

En inventarios en bosques naturales latifoliados, debido a su alta heterogeneidad, siempre es recomendable establecer sitios de muestreo largos y angostos para cubrir una mayor área de terreno. La decisión de la forma ideal de la unidad muestral debe basarse en lograr máxima eficiencia y minimizar el sesgo. (Ortiz y Carrera, 2002).

2.5. Tamaño del sitio de muestreo

Estadísticamente se puede determinar el tamaño adecuado de las parcelas mediante la agregación de áreas; teniendo así distintos tamaños de parcelas que permiten determinar el tamaño óptimo de la unidad muestral. Se utiliza el coeficiente de variación ya que este estadístico permite comparar variables cuantitativas en tamaños diferentes (Ortiz y Carrera, 2002).

La determinación del tamaño de la unidad de muestreo para realizar inventarios florísticos y del potencial forestal maderable, se basa en el criterio del “área mínima de la comunidad” (Matteucci y Colma, 1982).

El área mínima se define como la menor superficie de terreno que contiene la casi totalidad de las especies de una determinada comunidad. En el caso de la vegetación, es la extensión más pequeña, en la cual la composición florística está representada adecuadamente. El incremento en el número de especies al aumentar la superficie a partir del área mínima, es marginal. El área mínima es una característica intrínseca de una comunidad o de un tipo de vegetación (Garmendia y Samo, 2005).

Empíricamente se ha comprobado que si se registran las especies de una unidad muestral pequeña, su número es pequeño y a medida que se incrementa la superficie aumenta el número de especies, al comienzo bruscamente y luego cada vez con más lentitud y llega un momento en que el número de especies nuevas registradas en cada nueva unidad muestral, es muy bajo o nulo. Esta relación se puede visualizar en una curva donde los ejes son el número de especies y el área, a lo cual se denomina curva especie – área (Ministerio del ambiente, 2011).

Respecto al tamaño de sitio de muestreo Malleux (1982) y Carrera y Tineo (1994), aclaran que los sitios de muestreo pequeños abarcan una menor variabilidad dentro de las muestras, pero una mayor variabilidad entre muestras; mientras que los sitios de muestreo grandes incluyen una alta variabilidad al interior, pero baja variabilidad entre sitios. Entonces, se puede decir, que las unidades pequeñas son aptas para bosques homogéneos y las unidades grandes para bosques heterogéneos; con unidades grandes, de esta forma, se puede asegurar una mayor representatividad de las especies del bosque

En bosques homogéneos en cuanto a la variable que se quiere evaluar, el error de muestreo tiende a disminuir si se utilizan parcelas pequeñas; en bosques muy heterogéneos, por el contrario, el coeficiente de variación aumenta cuando se utilizan parcelas pequeñas. Generalmente las parcelas pequeñas son

eficientes desde el punto de vista de costos, pero pueden producir sesgos en las estimaciones de las parcelas, o porque su tamaño no abarca el espacio de crecimiento de los árboles (Ortiz y Carrera, 2002).

Parcelas pequeñas son fáciles de inventariar. Parcelas de mayor tamaño son más apropiados para parámetros de menos frecuencia (Pineda, 1996).

2.5.1. Tamaños de sitio utilizados en bosques tropicales en América

A continuación se describen algunos tipos de sitios de muestreo utilizados en diversos países de América en bosques tropicales.

Bolivia.- Comúnmente se utilizan parcelas fijas de 1 ha. Estas parcelas normalmente son de 10 x 1000 o 20 x 500 metros. Pero dependiendo de las circunstancias el tamaño de las parcelas puede variar (0.5, 0.25, 0.2 o 0.1 ha). Lo importante es, que el tamaño de las parcelas no debe variar en el mismo inventario (Duaber, 1995).

Perú.- Lo más utilizado en Perú son fajas o parcelas rectangulares de 10 m de ancho, las cuales han demostrado ser eficientes. Si se quiere tener una superficie de media hectárea entonces la parcela deberá ser de 500 m de largo (Proyecto INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, 2003).

Se justifica parcelas de 10 x 500 m por las siguientes razones:

- Adecuado control desde el eje central hasta 10 m
- Disminuye el riesgo de que una unidad abarque dos estratos diferentes, en contraposición con parcelas largas.
- Menores costos, debido a que se necesita abrir sólo 500 metros de brecha por cada unidad de muestreo en comparación con parcelas cuadradas.

Colombia.- De acuerdo al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales o sus siglas IDEAM (2009), para el desarrollo del inventario forestal nacional de este país, se utilizaron unidades secundarias de muestreo de 20 x 250 m (0.5 ha), en las que se tomaron las mediciones de todos los árboles de interés cuyo diámetro a la altura del pecho era igual o mayor a 10 cm.

Centroamérica.- Es común emplear parcelas rectangulares o fajas. El tamaño de las parcelas varía de un país a otro, e incluso entre regiones de un mismo país. Así por ejemplo, en Costa Rica se emplean parcelas de 30 m x 100 m, mientras que en Nicaragua y Honduras es común el empleo de parcelas de 20 m x 50 m, en tanto que en la zona norte de Guatemala (Petén), donde aún se encuentran grandes superficies de bosques naturales, se utilizan parcelas de 20 m x 500 m (1 ha). Nótese que si bien el largo es variable, el ancho se mantiene constante entre 20 y 30 m (Ortiz y Carrera, 2002).

2.5.2. Tamaño de sitio utilizado en México

Simultáneamente con el desarrollo histórico que se ha citado sobre el uso de técnicas de muestreo, se han venido utilizando, estudiando y analizando, diferentes formas y tamaños de sitios de muestreo. El resultado de lo anterior es que en los bosques templados y fríos, se ha generalizado el uso de sitios circulares de muestreo con un superficie de 0.1 ha. Igualmente, en los boques cálidos se ha generalizado el uso de sitios continuos formando fajas, de forma rectangular, con una superficie de 0.1 ha (20 x 50 m) (Villas y Caballero, 1977). A la fecha, para la elaboración de programas de manejo forestal maderable en la costa de Jalisco, se utilizan sitios de muestreo de las mismas dimensiones.

En trabajos desarrollados en México desde 1961, con el asesoramiento de la FAO para efectuar el inventario nacional forestal, se ha adoptado la unidad de muestra de 0.1 ha, y de acuerdo a las experiencias prácticas en diferentes tipos de vegetación se han ido adecuando para optimizar recursos tanto humanos

como económicos, de tal forma que en bosques de clima templado-frío se emplean sitios circulares de 0.1 ha y en selvas o vegetación de clima cálido-húmedo donde las condiciones de espesura impiden la visibilidad a distancia, se emplean sitio rectangulares de 0.1 ha, con dimensiones de 20 m de ancho por 50 m de largo (Medina, 1982).

Para el inventario nacional forestal y de suelos 2004-2009, se utilizaron Unidades de Muestreo Primario (UMP), que corresponde al conglomerado, es conceptualmente un sitios de muestreo circular de una hectárea (56.42 m de radio), en la cual se evalúan cuatro Unidades de Muestreo Secundarias (UMS), dispuestos geométricamente en forma de una “Y” invertida con respecto al norte. Para el caso de selvas altas, medianas, selvas bajas, peten, selva de galería, manglar, popal, tular y vegetación halófila-hidrófila, las UMS fueron de forma rectangular (Figura 2) (CONAFOR, 2012).

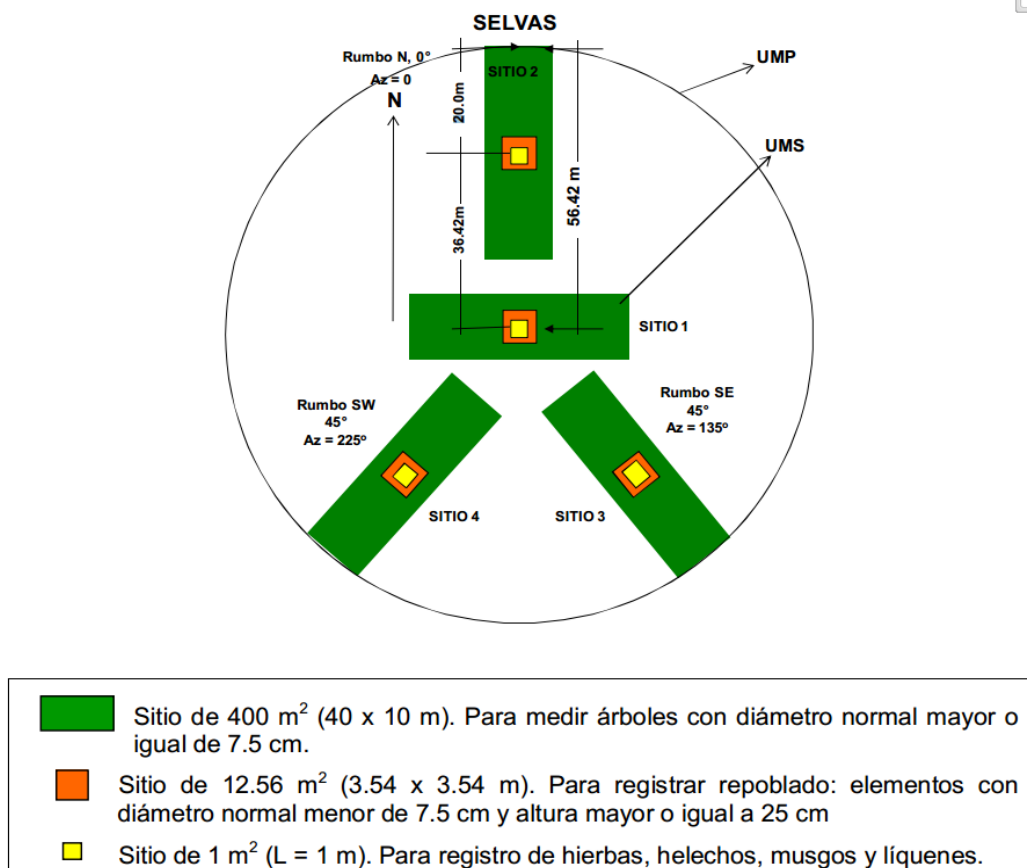


Figura 2. Sitios de muestreo inventario nacional forestal y de suelos 2004-2009

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Tomatlán, Jalisco. En terrenos de la Comunidad Indígena de Tomatlán, el polígono se localiza al sureste de la comunidad, aproximadamente a 2 kilómetros de la carretera federal 200 del tramo Melaque – Puerto Vallarta, el área de estudio comprende una superficie de 739.13 ha, las coordenadas geográficas extremas son: 19°50'2.16" y 19°51'39.64" latitud norte, 105°14'56.78 y 105°17'22.48" longitud oeste (Figura 2).

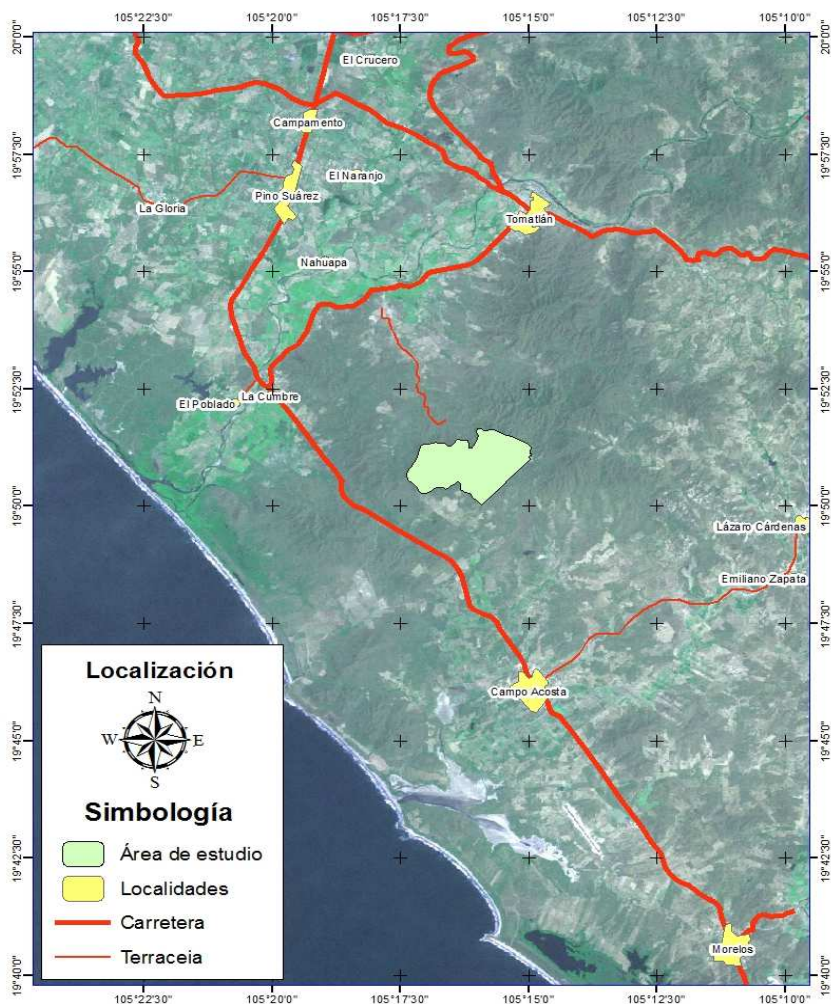


Figura 3. Localización del área de estudio

3.1. Descripción del medio físico y biológico

3.1.1. Orografía

Desde el punto de vista fisiográfico, el territorio mexicano está conformado por 15 provincias fisiográficas. Cada una de estas provincias presenta rasgos particulares, generando un mosaico geográficamente heterogéneo. El área de estudio se ubica en la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur en la subprovincia de las Sierras de la Costa de Jalisco y Colima (Figura 3).

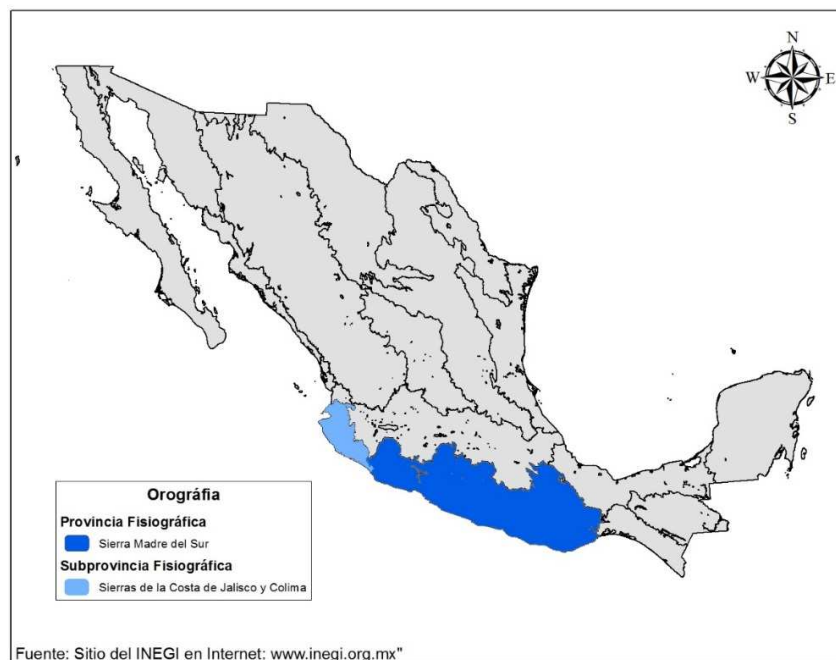


Figura 4. Provincia fisiográfica “Sierra Madre del Sur”

Desde el punto de vista biogeográfico, en distintas regiones de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre del Sur, existe amplia diversidad de comunidades vegetales, al grado de que ha sido reconocida como una de las regiones florísticas más ricas de México y del mundo.

3.1.2. Hidrología

Acorde a la base de datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2012) el área de estudio se localiza en la siguiente red hidrológica (Figura 4).

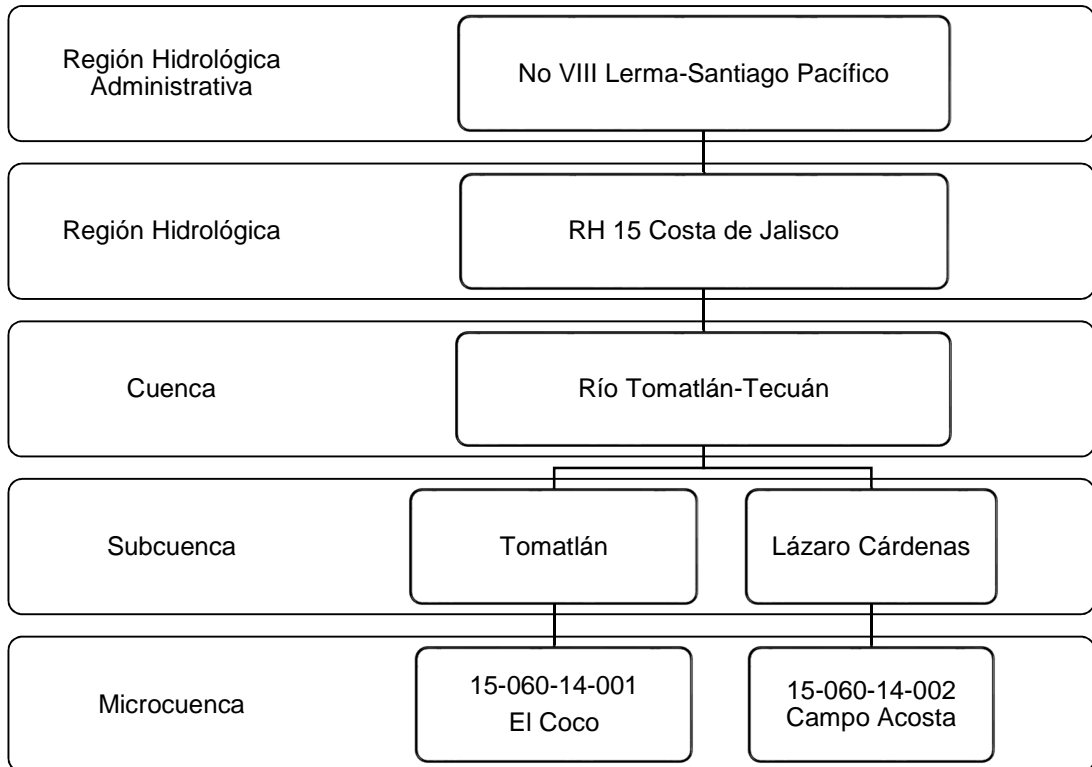


Figura 5. Red hidrológica.

3.1.3. Clima

De acuerdo a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (1998), en su mapa base de climas, maneja la nomenclatura de Köppen modificada por García, el área de estudio se ubica en el tipo de clima Aw0 (Figura 5), el cual se describe como: clima cálido subhúmedo con lluvias en verano con temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C, con precipitación en el mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice de precipitación total (P/T) menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.

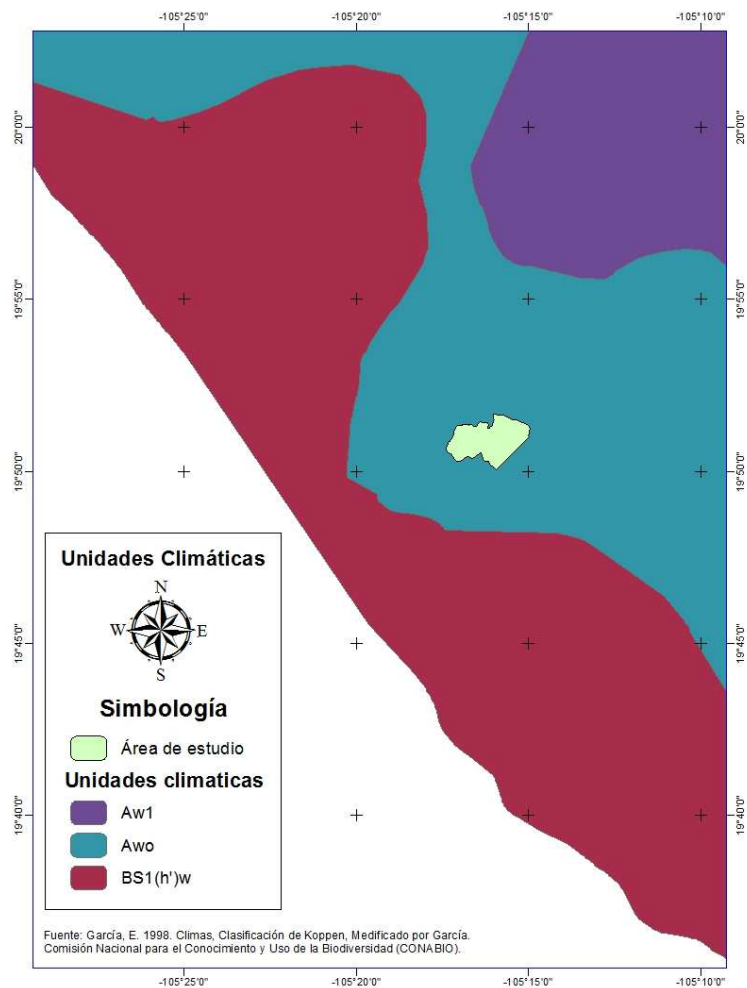


Figura 6. Unidades climáticas

De acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) los datos correspondientes a la estación meteorológica con clave 14-152 y con nombre Tomatlán, la temperatura oscila entre los 23.4 y los 29°C con una media de 26.4°C, y la precipitación pluvial los valores fluctúan entre los 0.9 y los 212.3 mm en la zona en total llueve un promedio de 840.8 mm al año. La Figura 6 muestra el climograma con la temperatura media y la precipitación total mensual.

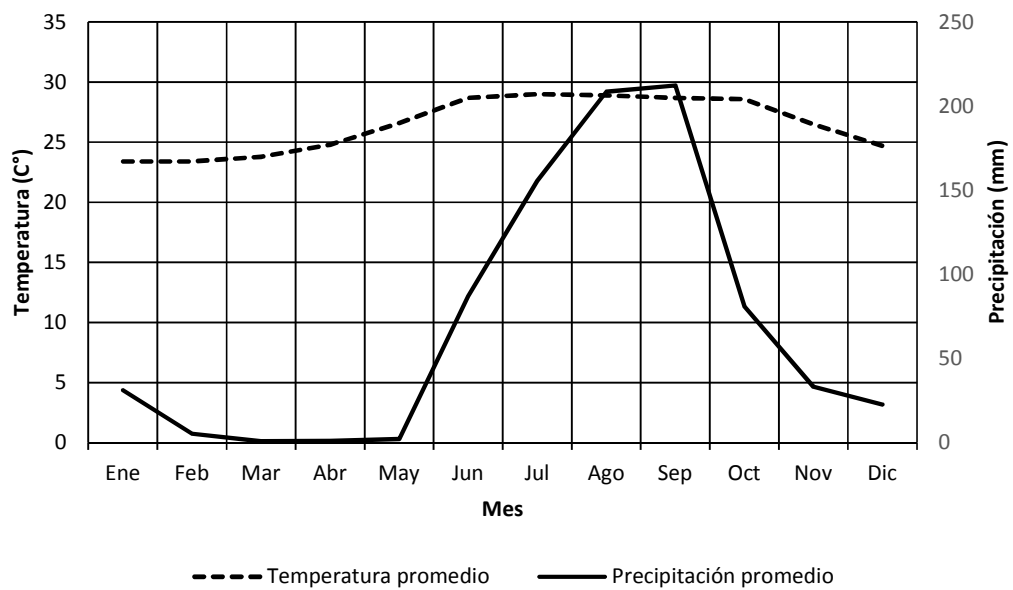


Figura 7. Climograma

3.1.4. Edafología

Con base a la información del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (CONABIO, 1995) en el área de estudio el suelo predominante es Regosol eutrico, (Figura 7) conformado por textura gruesa en una fase lítica, que indica que está conformado por una capa de roca dura y continua o por un conjunto de trozos de roca abundante que impide la penetración de las raíces (INEGI, 2004).

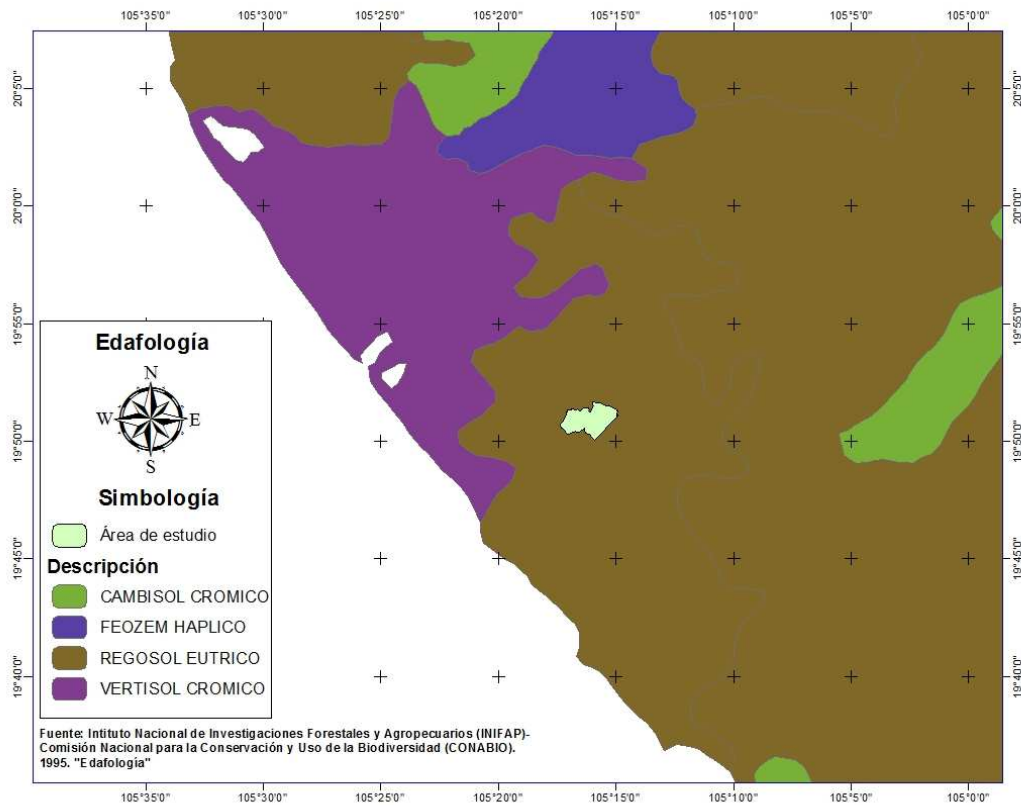


Figura 8. Edafología

3.1.5. Geología

En la zona predomina un sustrato de rocas ígneas, las cuales se formaron por enfriamiento y salificación del magma o lava volcánica, pudiéndose diferenciar estas rocas en extrusivas e intrusivas; las primeras sufrieron un enfriamiento rápido al hacer contacto con la atmósfera, en tanto que las segundas se enfriaron dentro de la corteza terrestre. En el área de estudio predominan principalmente el tipo de roca ígnea intrusiva acida (Figura 8).

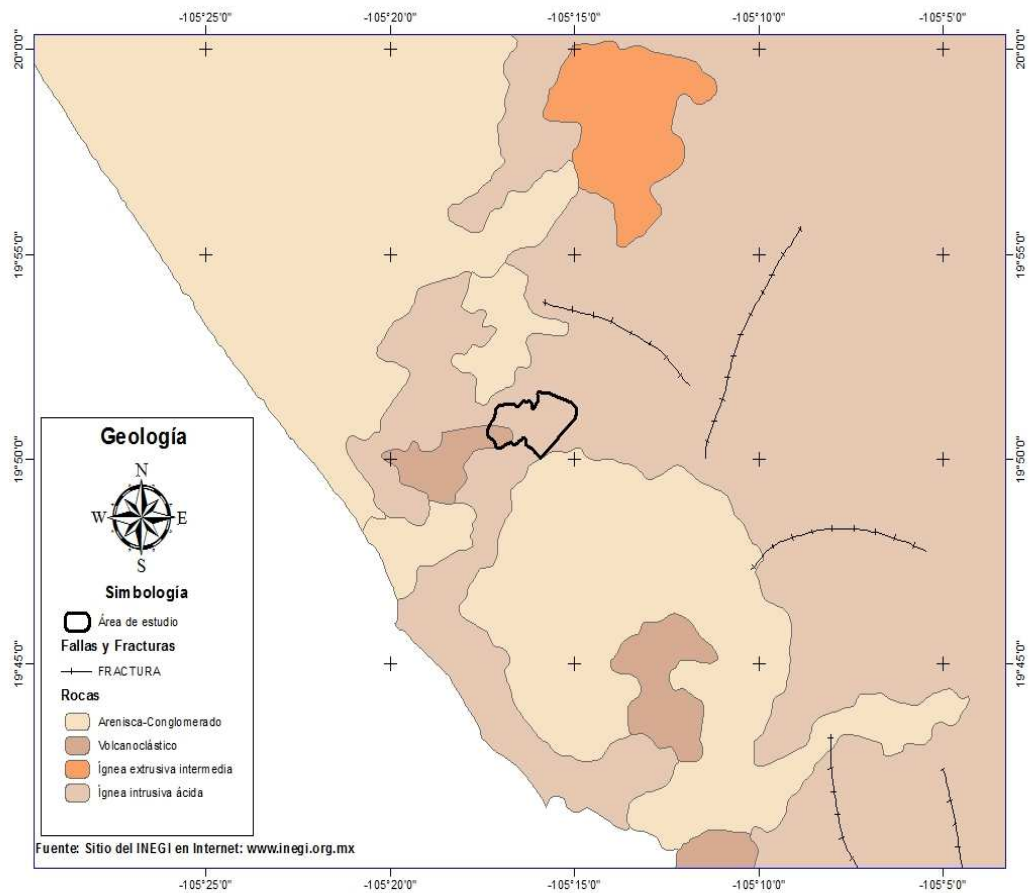


Figura 9. Geología

3.1.6. Vegetación

La vegetación presente es una selva baja caducifolia, constituida principalmente por especies arbóreas entre 8 y 15 m, donde la característica más sobresaliente es la pérdida de hojas en la época seca del año. Las especies más representativas del área de estudio son: *Amphipterygium adstringens*, *Cordia elaeagnoides*, *Bursera copallifera*, *Caesalpinia sclerocarpa*, *Lysiloma microphyllum*, y *Ceiba aesculifolia*.

3.2. Metodología

Para el levantamiento de los sitios de muestreo se integraron brigadas compuestas por 4 personas (1 jefe de brigada, 1 encargado de delimitar la longitud de los sitios con brújula y cuerda acotada y 2 encargados de la toma de datos nombre común y DAP), el equipo y material empleado fue el siguiente:

- GPS navegador marca Garmín
- Clinómetro
- Brújula silva
- Cuerda de 25m, acotada a diferentes rangos de pendiente
- Cinta diamétrica
- Software ArcGIS 10.1

3.2.1. Forma y tamaño de los sitios de muestreo

Se trazaron sitios rectangulares con un ancho de 20 m los cuales se acotaron cada 25 m hasta los 200 m, de esta manera se delimitaron los diferentes tamaños de sitios (500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 y 4000 m²) (Figura 9). En total se establecieron 10 sitios por cada uno de los tamaños evaluados. La orientación de los sitios de muestreo fue norte franco trazados con brújula.

3.2.2. Ubicación de los sitios de muestreo

Se distribuyeron 10 sitios de muestro de manera sistemática, con una distancia de 660 m entre sitios y 860 m entre líneas (Figura 10).

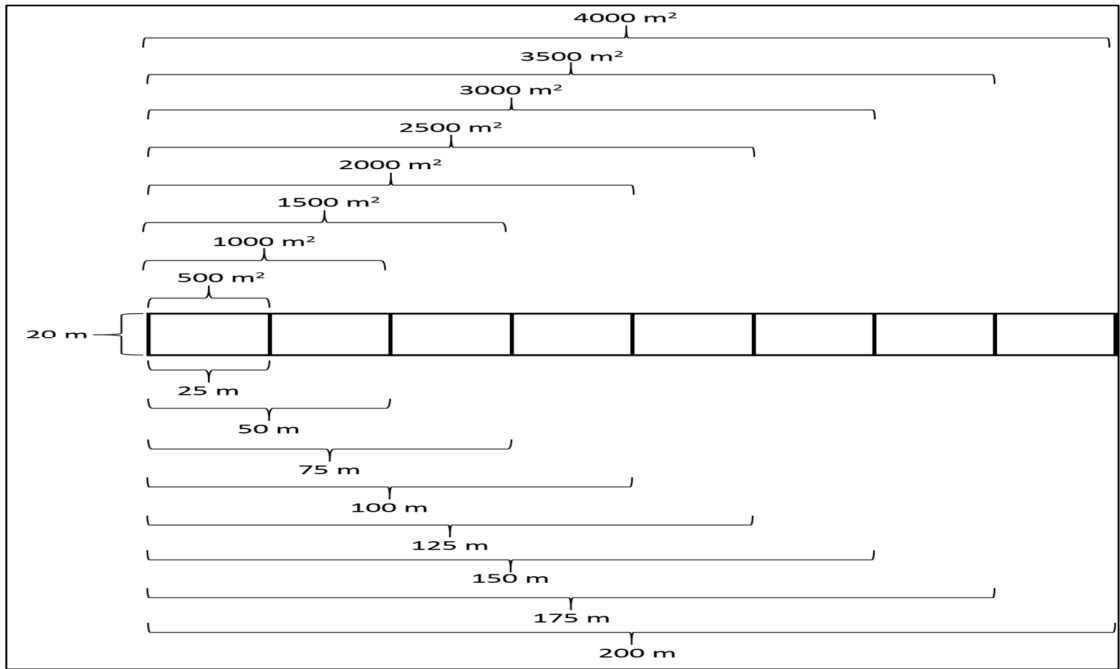


Figura 10. Forma y tamaño de los sitios de muestreo

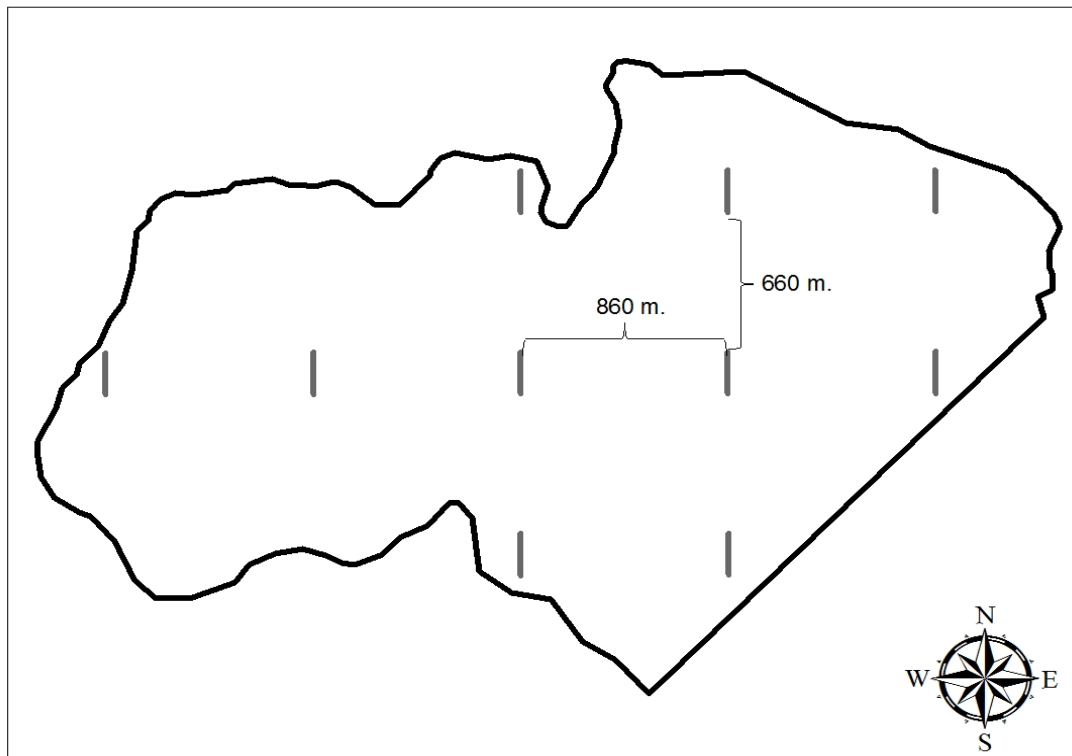


Figura 11. Distribución de los sitios de muestreo

3.2.3. Variables registradas

En los sitios delimitados del presente proyecto se registró: nombre común y diámetro a la altura del pecho de las especies arbóreas mayores o igual a 10 cm (diámetro mínimo utilizado en los programas de manejo forestal).

3.3. Procesamiento de los datos

3.3.1. Área basal

Es un parámetro que se utiliza para caracterizar el estado de desarrollo entre los diferentes tamaños de sitios, la cual se define como: el área transversal del fuste a 1.30 m de altura sobre el suelo. Para el cálculo del área basal se mide el DAP y se deriva de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$AB = \left(\frac{\pi}{4}\right) d^2$$

Dónde: AB = Área Basal

π = Valor de pi 3.1416

d^2 = Diámetro en m (DAP)

3.3.2. Media aritmética.

Es una medida de tendencia central, y se obtiene mediante la fórmula:

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

Dónde: \bar{X} = Media aritmética
 Σ = Sumatoria
 X_i = Valor observado de unidad i-ésima de la muestra
 n = Número de unidades de la muestra.

3.3.3. Desviación estándar

Es una medida que caracteriza la dispersión de los individuos con respecto a la media, y se obtiene mediante la fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Dónde: S = Desviación estándar
 Σ = Sumatoria
 X_i = Valor observado de unidad i-ésima de la muestra
 \bar{X} = Media aritmética
 n = Número de unidades de la muestra.

3.3.4. Coeficiente de variación

Es una medida que expresa la desviación estándar como un porcentaje de la media, y se obtiene mediante la fórmula:

$$CV\% = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Dónde: $CV\%$ = Coeficiente de variación en porcentaje
 \bar{X} = Media aritmética
 S = Desviación estándar

3.3.5. Cálculo del tamaño de muestra en función del error de muestreo.

Para el cálculo de número de muestras (n), con base en un error máximo permitido, es necesario estimar la desviación estándar y el coeficiente de variación de la población, y se obtiene mediante la fórmula:

$$n = \frac{(t_{\alpha/1gl})^2 * (CV\%)^2}{(E\%)^2}$$

Dónde: n = Tamaño de muestra

$t_{\alpha/1gl}$ = Valor de t-Student definido a una significancia alpha (α), y con n-1 grados de libertad (gl)

CV% = Coeficiente de variación

E% = Error de muestreo

De acuerdo al Artículo 37, inciso f), del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (SEMARNAT, 2006), especifica que la confiabilidad mínima deberá ser del 95% y un error de muestreo máximo del 10%; estos son los parámetros empleados para el cálculo del tamaño de muestra.

3.3.6. Curva especie - área.

Para cada uno de los tamaños de sitios de muestreo, se registró el número de especies encontradas, con la finalidad de observar el incremento de especies conforme aumenta el tamaño de los sitios.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estructura forestal

En el área de estudio se identificaron un total de 74 especies arbóreas agrupadas en 15 órdenes, 26 familias y 56 géneros (Cuadro 2).

Cuadro 2. Lista de especies

Familia	Nombre científico	Nombre Común
Anacardiaceae	<i>Amphipterygium adstringens</i> Standl.	Cuachalalate
Anacardiaceae	<i>Comocladia engleriana</i> Loes.	Hincha huevos
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruelo
Annonaceae	<i>Annona diversifolia</i> Saff.	llama
Apocynaceae	<i>Plumeria rubra</i> L.	Zacalazuchilt
Apocynaceae	<i>Thevetia ovata</i> (Cav.) A. DC.	Huevo de gato
Araliaceae	<i>Sciadodendron excelsum</i> Griseb.	Obo
Bignoniaceae	<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) G. Nicholson	Verdecillo
Bignoniaceae	<i>Tabebuia impetiginosa</i> (Mart. Ex DC.) Standl.	Amapilla
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Xilomecate
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	Botoncillo
Boraginaceae	<i>Cordia elaeagnoides</i> DC.	Barcino
Burseraceae	<i>Bursera copallifera</i> (DC.) Bullock	Copal de somar
Burseraceae	<i>Bursera excelsa</i> (Kunth) Engl.	Copalillo
Burseraceae	<i>Bursera heteresthes</i> Bullock	Copal
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Papelillo
Cactaceae	<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i> Britton & Rose	Organo
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Capulín
Capparaceae	<i>Forchhammeria pallida</i> Liebm	Yoyote
Caricaceae	<i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.	Bonete
Cistaceae	<i>Halimium glomeratum</i> (Lag.) Grosser	Juanita
Convolvulaceae	<i>Ipomoea wolcottiana</i> Rose	Ozote
Desconocido	Desconocido sp 1	Otro
Desconocido	Desconocido sp 2	Rosario

Familia	Nombre científico	Nombre Común
Desconocido	Desconocido sp 3	Aguacatillo
Desconocido	Desconocido sp 4	Coloradillo
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus multilobus</i> (Pax) I.M. Johnst.	Quemador
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus spinosus</i> Lundell	Ortiga
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp L.	Canelilla
Euphorbiaceae	<i>Croton</i> sp. L.	Palillo
Euphorbiaceae	<i>Hura polyandra</i> Baill.	Habillo
Euphorbiaceae	<i>Jatropha chamelensis</i> Perez Jimenez	Papelillo amarillo
Euphorbiaceae	<i>Jatropha platyphylla</i> Dehgan & G.L. Webster	Sangre de grado
Euphorbiaceae	<i>Piranhea mexicana</i> (Standl.) Radcl.-Sm.	Guayabillo
Euphorbiaceae	<i>Sapium pedicellatum</i> Huber	Mataiza
Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i> Wall.	Huizache
Fabaceae	<i>Caesalpinia eriostachys</i> Benth.	Iguanero
Fabaceae	<i>Caesalpinia platyloba</i> S. Watson	Acatizpa
Fabaceae	<i>Caesalpinia sclerocarpa</i> Stand.	Ebano
Fabaceae	<i>Dalbergia granadillo</i> Pittier	Tampicirán
Fabaceae	<i>Erythrina americana</i> Mill.	Colorín
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> Kunth ex Steud.	Cacahuananche
Fabaceae	<i>Haematoxylum brasiletto</i> H. Karst.	Brasil
Fabaceae	<i>Leucaena glauca</i> Benth.	Guajillo
Fabaceae	<i>Lonchocarpus constrictus</i> Pittier	Garrapato
Fabaceae	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i> Benth	Hediondillo
Fabaceae	<i>Lonchocarpus longipedicellatus</i> Pittier	Cuero de indio
Fabaceae	<i>Lonchocarpus</i> sp. Kunth	Palo blanco
Fabaceae	<i>Lonchocarpus</i> sp. Kunth	Polvillo
Fabaceae	<i>Lysiloma microphyllum</i> Benth.	Tepemezquite
Fabaceae	<i>Lysiloma</i> sp. Benth.	Tepemezquite blanco
Fabaceae	<i>Mimosa brandegei</i> B.L. Rob.	Requezón
Fabaceae	<i>Piptadenia constricta</i> (Micheli & Rose ex Micheli)	Corralero
Fabaceae	<i>Piscidia grandifolia</i> (Donn. Sm.) I.M. Johnst.	Alejo

Familia	Nombre científico	Nombre Común
Fabaceae	<i>Pithecellobium mangense</i> McBride	Guamuchilillo
Fabaceae	<i>Pithecellobium</i> sp. Mart.	Naranzuchilt
Fabaceae	<i>Poeppegia procera</i> C. Presl	Parotilla
Fabaceae	<i>Pterocarpus acapulcensis</i> Rose	Guayabillo amarillo
Fabaceae	<i>Pterocarpus orbiculatus</i> DC.	Tahuitole
Hernandiaceae	<i>Gyrocarpus jatrophiifolius</i> Domin	Ravelero
Malvaceae	<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	Pochote
Malvaceae	<i>Helioarpus pallidus</i> Rose	Majahua
Moraceae	<i>Chlorophora tinctoria</i> (L.) Gaudich.	Moraleta
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	Zalate
Moraceae	<i>Ficus petiolaris</i> Kunth	Tezcalama
Moraceae	<i>Ficus</i> sp. L.	Ficus
Polygonaceae	<i>Coccoloba liebmannii</i> Lindau	Juan Perillo
Primulaceae	<i>Jacquinia pungens</i> Gray.	Niño dios
Rubiaceae	<i>Guettarda elliptica</i> Sw.	Cagate al pie
Rubiaceae	<i>Randia laevigata</i> Standl.	Crucecilla
Rutaceae	<i>Zanthoxylum caribaeum</i> Lam.	Zorrillo
Surianaceae	<i>Recchia mexicana</i> Moc. & Sessé ex DC.	Paracate
Tiliaceae	<i>Luehea speciosa</i> Willd.	Algodoncillo
Zygophyllaceae	<i>Guaiacum coulteri</i> A. Gray	Guayacán

4.2. Determinación del tamaño de sitio de muestreo en base al coeficiente de variación

El Cuadro 3 muestra el comportamiento del coeficiente de variación, con una tendencia a disminuir conforme el tamaño del sitio de muestro aumenta, sin embargo; el coeficiente de variación se estandariza a partir de los sitios mayores a 2000 m².

Cuadro 3. Coeficiente de variación

Tamaño sitio de muestreo	Área Basal m ²		
	Media aritmética	Desviación estándar	Coeficiente de variación %
500 m ²	0.77	0.17	22.15
1000 m ²	1.61	0.36	22.12
1500 m ²	2.36	0.45	19.05
2000 m ²	3.19	0.47	14.77
2500 m ²	4.06	0.62	15.35
3000 m ²	4.87	0.64	13.21
3500 m ²	5.77	0.83	14.48
4000 m ²	6.55	0.92	14.10

Con base al Cuadro 3, se elabora el siguiente grafico Figura 11 donde se observa la tendencia a disminuir del coeficiente de variación conforme se aumenta el tamaño del sitio. Los sitios de muestreo presentaron una tendencia descendente en sus valores del coeficiente de variación en los tamaños 500, 1000 y 1500 m², sin embargo; a partir del tamaño de 2000 m², los valores son similares fluctuando entre 14.77 a 14.10, lo cual indica que el aumento en el tamaño de los sitios de muestreo no representa un cambio notorio en el coeficiente de variación; por lo cual el tamaño de sitio adecuado en base al coeficiente de variación es el de 2000 m².

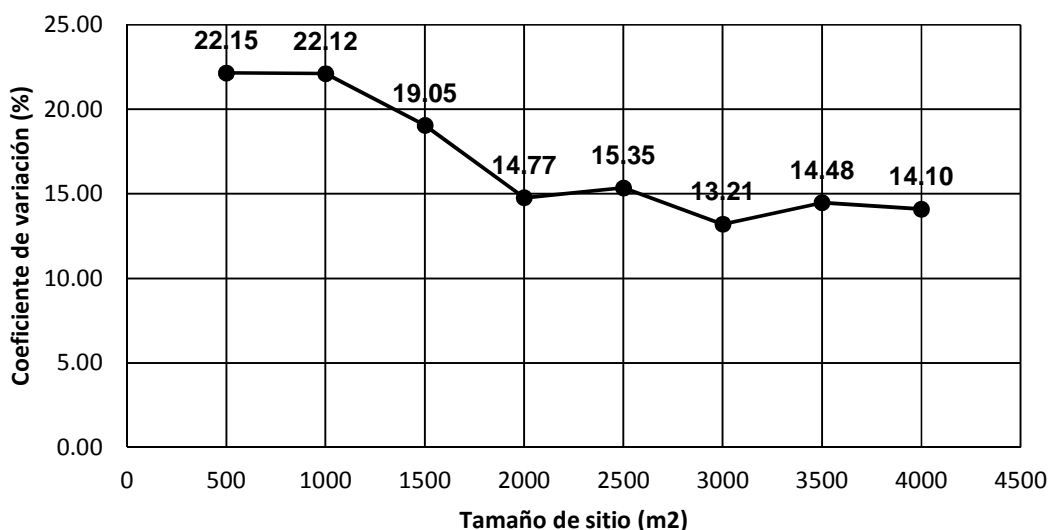


Figura 12. Coeficiente de variación

El estudio indica que el coeficiente de variación disminuye cuando la superficie del sitio de muestreo es mayor, esto afirma la teoría que para bosques heterogéneos los sitios de muestreo grandes son capaces de capturar la representatividad de los mismos, tal como lo menciona Carrera y Tineo (1994) y Ortiz y Carrera (2002).

González (2002) determinó que el tamaño adecuado para la toma de datos dasométricos para una selva mediana subcaducifolia de la costa de Jalisco, fue de 500 m². Cabe mencionar que en dicho estudio se evaluaron sitios de muestreo de 250, 500, 750, 1000 y 1200 m², donde los cuales el coeficiente de variación fue menor conforme aumentaba el tamaño de los sitios.

Aguirre et al. (1997) compararon diferentes tamaños de sitios de muestro (100, 200, 300, 400 500, 600, 700, 800, 900 y 1000 m²) en un bosque compuesto principalmente por *Pinus cooperi*, donde señalaron que el tamaño de sitio de muestreo óptimo en un inventario para este tipo de vegetación fue de 600 m². Dicho estudio confirma lo antes expuesto por Carrera y Tineo (1994) y Ortiz y Carrera (2002), que para inventarios el coeficiente de variación disminuye conforme los sitios de muestreo aumentan su tamaño.

4.3. Determinación del tamaño de sitio de muestreo mediante la curva especie-área

En el presente estudio se identificaron un total de 74 especies arbóreas, las cuales se ubicaron en los diferentes tamaños de sitio (Figura 12).

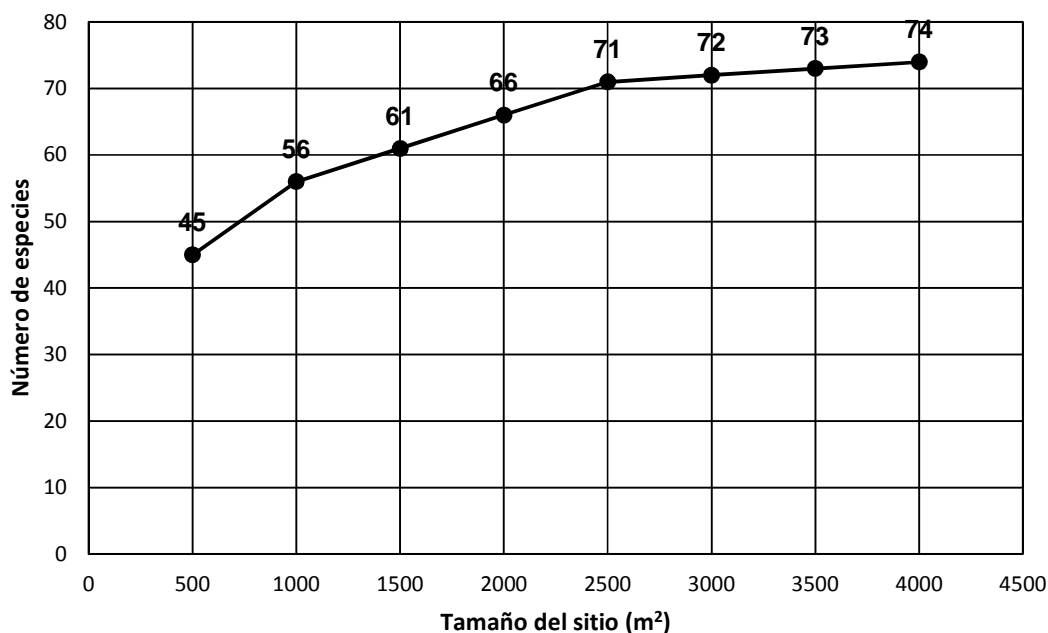


Figura 13. Curva especie-área

Como se puede apreciar en la Figura 12, la cantidad de especies aumenta conforme se incrementa el tamaño del sitio, sin embargo, la incorporación de nuevas especies fue menor después del tamaño de sitio de 2500 m², lo cual indica que este tipo de sitio es capaz de representar la mayoría de la composición florística arbórea del área de estudio.

La curva de especie-área se incrementa en la medida que la superficie de los sitios de muestreo es mayor, sin embargo, a partir de los sitios de 2500 m², el incremento de nuevas especies es marginal, ya que solamente existe la diferencia de una especie entre uno y otro. Como indica Garmedia y Samo (2005), el área mínima se define como la menor superficie de terreno que contiene casi la totalidad de las especies de una determinada comunidad.

4.4. Tamaño de muestra

Como se mencionó anteriormente, conforme el tamaño del sitio de muestreo aumenta el coeficiente de variación disminuye, esto influye de igual manera en el tamaño de muestra. La cual indica el número de sitios mínimo necesario para obtener la mejor representatividad del bosque. En el Cuadro 4 se presenta el tamaño de muestra calculado para cada uno de los tamaños de sitios evaluados.

Cuadro 4. Tamaño de muestra

Tamaño de sitios (m ²)	Valor de t	CV%	E %	Número de sitios
500	2.262	22.15	10	25.11
1000	2.262	22.12	10	25.03
1500	2.262	19.05	10	18.57
2000	2.262	14.77	10	11.16
2500	2.262	15.35	10	12.05
3000	2.262	13.21	10	8.92
3500	2.262	14.48	10	10.72
4000	2.262	14.10	10	10.17

La Figura 13 muestra la tendencia del tamaño de muestra (No. de sitios) en relación a los tamaños de sitios evaluados.

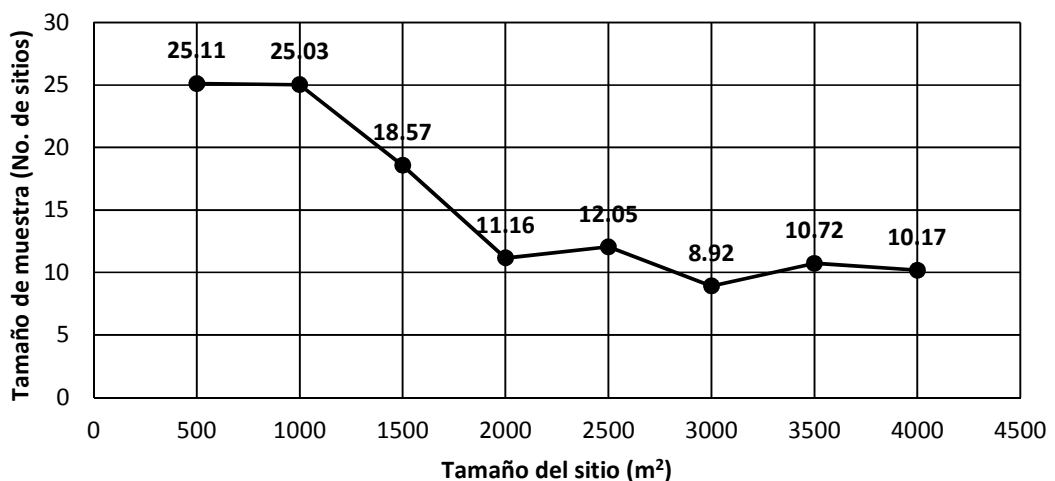


Figura 14. Tamaño de muestra

Para una mejor descripción del efecto del coeficiente de variación, se determinó el tamaño de muestra con diferentes errores de muestreo. En la figura 14 se aprecia que los principales factores que afectan el tamaño de muestra son el coeficiente de variación y el error de muestreo.

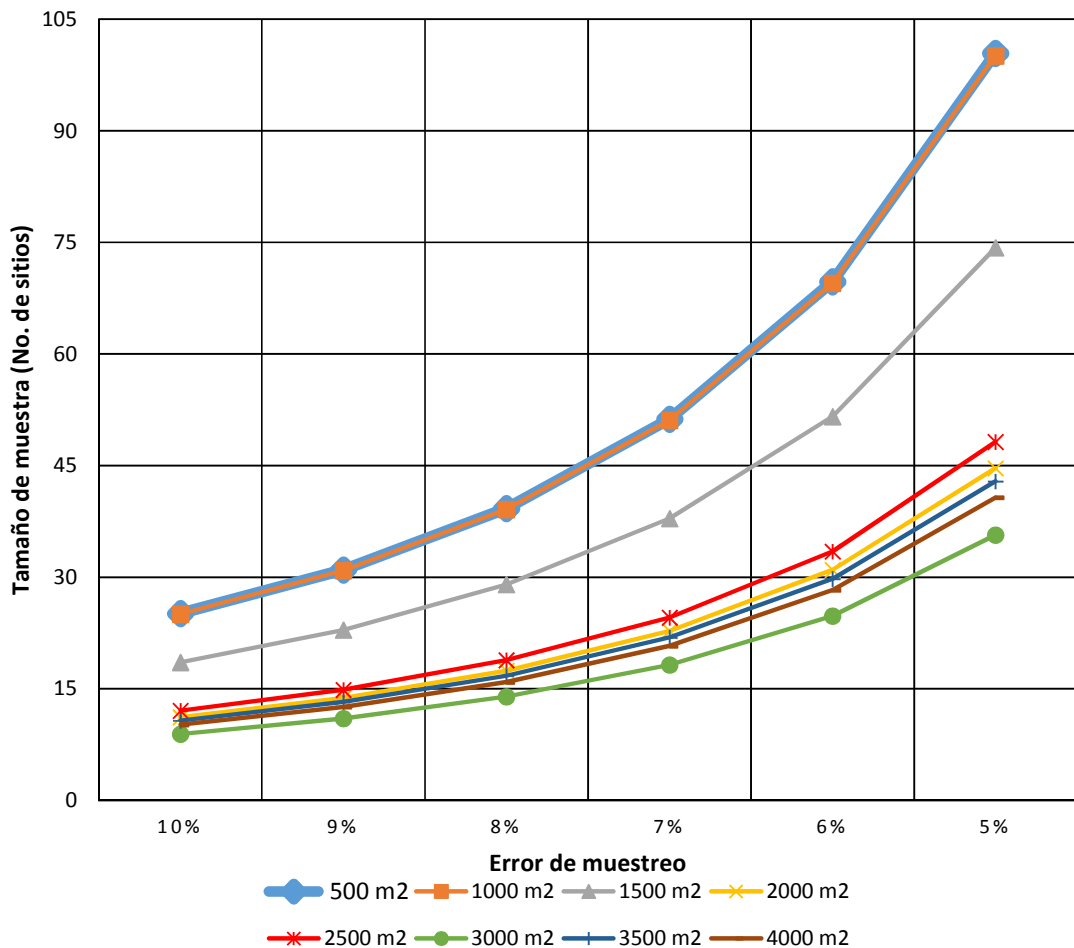


Figura 15. Tamaño de muestra en función del error de muestreo

Como se puede apreciar en la figura 14 existe una relación entre el tamaño de muestra y el coeficiente de variación; conforme el error de muestreo es menor el tamaño de muestra se incrementa.

Los sitios mayores a 2000 m² no presentan diferencias importantes en el número de sitios requeridos, mientras que los sitios de 500, 1000 y 1500 m², requieren de mayor número de sitios de muestreo.

V. CONCLUSIONES

Tomando como parámetro de referencia el coeficiente de variación, para la superficie investigada el tamaño óptimo del sitio de muestreo es de 2000 m², ya que a partir de este tamaño los valores del coeficiente de variación se estandarizan.

La curva especie-área muestra una mayor agregación de especies conforme el tamaño del sitio de muestreo se incrementa, el tamaño de sitio capaz de representar la mayor cantidad de especies en la menor superficie fue el de 2500 m², a partir de este tamaño la incorporación de nuevas especies es marginal.

Mediante el tamaño de muestra se obtuvo que los sitios mayores a 2000 m² no presentan diferencias importantes en el número de sitios requeridos, mientras que los de 500, 1000 y 1500 m², requieren de mayor número de sitios de muestreo.

Se propone sitios de muestreo de 2500 m², ya que se obtuvo el menor coeficiente de variación y la mayor cantidad de especies presentes, por lo cual es capaz de captar la mayor variabilidad y expresar mejor las características de la vegetación arbórea del área de estudio.

Cabe señalar la importancia de continuar realizando investigaciones sobre el tamaño y forma de los sitios de muestreo en diferentes tipos de selvas bajas caducifolias, ya que tradicionalmente se han empleado sitios de muestreo de 1000 m² que resultan menores a los propuestos en este trabajo de 2500 m².

VI. LITERATURA CITADA

- Aguirre C., Ó. A. 1995. Optimización de inventarios forestales para manejo forestal, un caso de estudio en Durango, México. Investigación Agraria. Vol. 4. pp. 107-118.
- Aguirre C., Ó. A., Jiménez, P., J., Treviño, G., E. J., y Meraz, A., B. 1997. Evaluación de diversos tamaños de sitios de muestreo en inventarios forestales. Maderas y Bosques, Vol. 3, núm. 1. pp. 71-79.
- Alberdi, I., Saura, S., y Martínez, F.J., 2005. El estudio de la biodiversidad en el tercer Inventario Forestal Nacional. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 19: pp. 11-19.
- Balvanera, P. Islas, A. Aguirre E. y Quijas S. 2000. Las selvas secas. Ciencias. Facultad de Ciencias UNAM. Número 57. pp. 18-24.
- Boyás D., J. C. 1994. Aspectos generales sobre la selva baja caducifolia de México. I Reunión nacional sobre selva baja caducifolia "El recurso". Memoria. (Inédito).
- Boyás D., J. C. y B. Maldonado A. 1994. Árboles útiles de la selva baja caducifolia de México. CIRCE INIFAP-SARH. (Inédito).
- Carrera, F. y Tineo, A. 1994. Curso inventarios forestales en bosques secos. CATIE. Turrialba, Costa Rica. (Inédito).
- Carrillo, G. 1989. Apuntes del curso de inventarios forestales. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Serie de apoyo académico No. 35. México.

- CONABIO. 1995. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, "Edafología", Escalas 1:250000 y 1:1000000 CONABIO. México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Consultada en julio de 2013).
- CONABIO. 1998. Conjunto de datos vectoriales del mapa, "Climas" (Clasificación de Köppen, modificado por Garcia) escala 1:1000000. CONABIO. México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/> (Consultada en julio de 2013).
- CONAFOR. 2012. Inventario nacional forestal y de suelos informe 2004-2009. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jalisco, México. 212 pp.
- CONAGUA. 2012. Atlas Digital del Agua México 2012. <http://www.conagua.gob.mx/atlas/> (Consultada en julio de 2013).
- Duaber, E. 1995. Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. El País. Santa Cruz, Bolivia. Sección III.
- FAO. 2000. Global forest survey, concept paper. Working paper No 28. Forestry Resources Assessment Program. Roma, Italia. 40 pp.
- Garmendia, A. y Samo, A. J. 2005, Prácticas de ecología. Editorial De la UPV. Valencia, España. 118 pp.
- González C., G. A. 2002. Evaluación del tamaño y forma de sitios de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales. Tesis de Licenciatura. CUCBA, Universidad de Guadalajara. 49 pp.
- IDEAM. 2009. Diseño del marco conceptual y metodológico del inventario forestal nacional. IDEAM. Bogotá, D.C. 142 pp.
- INEGI. 2003. Conjunto de datos vectoriales de la carta de vegetación primaria 1:1000000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, Ags., México.

- INEGI. 2004. Guía para la interpretación de cartografía. INEGI. Aguascalientes, Ags., México. 27 pp.
- INEGI. 2006. Propuesta de clasificación: Sistema de clasificación de la cubierta de la Tierra. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes, Ags., México. Documento interno, (Inedito).
- Ledo, A., Condés, S., y Montes, F. 2012. Revisión de índices de distribución espacial usados en inventarios forestales y su aplicación en bosques tropicales. Revista Peruana de Biología, vol. 19. pp. 113-124.
- Madrigal A., 2002. Ordenación de montes arbolados. Serie técnica ICONA. Madrid. 376 pp.
- Maginnis, S., Méndez, J., y Davies, J. 1998. Manual para el Manejo de Bloques Pequeños de Bosque Húmedo Tropical. Comisión de Desarrollo Forestal de San Carlos (CODEFORSA). Costa Rica. 265 pp.
- Malleux, J. 1982. Inventarios forestales en bosques tropicales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 414 pp.
- Matteucci, S., y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Monografía N° 22. Serie Biológica. OEA. Washington D.C. p. 168.
- Medina, R. 1982. Técnicas usadas en los inventarios forestales de México. Ciencia forestal. Volumen 7. No. 37. pp. 46-64.
- Ministerio del ambiente. 2011. Guía de evaluación de la flora silvestre. Ministerio del ambiente. Lima, Perú. 47 pp.
- Mora, S., A. 2003. Regeneración natural de tres especies arbóreas en una selva mediana subcaducifolia de la costa de Jalisco. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados. México. 101 pp.

- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Ed. El País. Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.
- OIMT. 1998. Criterios e indicadores para la ordenación sostenible de los bosques tropicales naturales. OIMT. Yokohama. 23 pp.
- Ortiz, E. y Quirós, D. 2002. Definiciones y tipos de inventarios forestales. En Orozco, L. y Brumér, C. (eds) Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central, Capítulo 1. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 1-24.
- Ortiz, E. y Carrera, F. 2002. Muestreo en inventarios forestales. En Orozco, L. y Brumér, C. (eds) Inventarios forestales para bosques latifoliados en América central, Capítulo 5. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 99-117.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán. 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies, 2a. ed. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México. 523 pp.
- Pineda, P. A. 1996. Diseño y aplicación de un inventario forestal diversificado (Productos maderables y no maderables) en Peten. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 71 pp.
- Pinelo, G. I. 2004. Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo. Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. WWF Centroamérica. San Francisco de Dos Ríos, Costa Rica. 47 pp.
- Proyecto INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE. 2003. Curso técnicas de manejo forestal, modulo I Inventarios forestales, tema 1 Inventarios para la elaboración de planes de manejo. Pucallpa. Sin número.

- 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.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. LIMUSA. México. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México, Acta Botánica Mexicana, Núm. 14. Instituto de Ecología. México. pp. 3-21.
- SEMADES, 2013. Ordenamiento ecológico territorial del estado de Jalisco. Descripción del sector forestal. <http://siga.jalisco.gob.mx/moet/SubsistemaProductivo/Forestal/secofojal.htm>. (Consultada en julio de 2013).
- SEMARNAT. 2006. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. 44 pp.
- Trejo, I. 1996. Características del medio físico de la selva baja caducifolia en México. Investigaciones geográficas boletín, núm. especial 4. UNAM. México. pp. 95-110.
- Villas, A. B. y Caballero, M. 1977. Técnicas de muestreo usadas en México en inventarios forestales, desarrollo histórico. Ciencia forestal. Volumen 2. No. 10. pp. 3-30.