

ESTUDIO SOBRE PLANTAS INDICADORAS DE CALIDAD DE ESTACIÓN EN LA SIERRA DE TAPALPA, JALISCO.

Arellano Arellano Raquel *
Benavides Solorio Juan de Dios **
Talavera Zúñiga Esteban ***

RESUMEN.

En ciertas condiciones las plantas pueden utilizarse como indicadores de calidad de estación. Existen varios países donde se han utilizado con bastante éxito. El presente estudio se realizó en la sierra de Tapalpa en un área de 825 hectáreas, se muestrearon 202 sitios en forma sistemática, de 1 000 m² c/u. y de conformación circular, en los cuales se colectaron las tres plantas herbáceas y/o arbustivas más frecuentes del sitio, a las cuales se dieron valores de 1, 2 ó 3 de acuerdo a la frecuencia en que se encontraron en el sitio.

Para el análisis estadístico se utilizó el método del coeficiente de correlación del rango de Kendall, siendo éste un método de estadística no paramétrica. Se tomaron como variables la frecuencia de plantas y la calidad de estación (estimada mediante índices de sitio por Benavides¹). También se analizaron, bajo el mismo método, algunos factores del medio físico como: altura sobre el nivel del mar (a.s.n.m.), posición en la pendiente, pendiente, exposición y grado de erosión, tomando como variables, la frecuencia de plantas y los factores mencionados.

En el área se encontraron 15 especies herbáceas y 7 arbustivas, de las cuales se analizaron 8 herbáceas y 4 arbustivas. Los resultados de correlación de la frecuencia de plantas con la calidad de estación no fueron significativos, por lo tanto no se consideró a ninguna especie como indicadora de calidad de estación. En lo relativo a los resultados de los factores del medio físico sí se encontró cierta relación, sobre todo con los factores de pendiente, posición en la pendiente y grado de erosión.

También se detectó la preferencia de algunas especies por lugares sombreados, espacios

¹ Benavides S. J. de D. 1987. Estimación de la calidad de sitio mediante índices de sitio del *Pinus michoacana cornuta* Martínez y *Pinus oocarpa* Schiede.

* Lic. en Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Guadalajara. Extécnico de la Delegación SARH, Jalisco.
** Investigador del Campo Forestal Colomos, CIPAC-Jalisco. Red de Manejo Integrado de Recursos naturales.
*** M. C. Investigador del Centro Regional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Pacífico Centro. Jefe del Área de Biometría.

abiertos o lugares erosionados.

Palabras clave: Tapalpa, Jalisco, rango de Kendall, indicadores, calidad.

ABSTRACT.

Under certain conditions, plant can be utilised as site quality indicators, they have been used as such in several countries. The present study was carried out in the Tapalpa mountains, in an area of 825 ha. testing in systematic way 202 sites of circular shape and 1 000 m² each, collecting the three plants (herbaceous and/or shrubbies) more abundant in the site, giving to them the values of 1, 2, or 3 according to their abundance in the site.

In order to perform the statistical analysis, the method of the coefficient of correlation of Kendall's range was used, being this a method of non-parametric statistical analysis. The variables used were the abundance of plants and the site quality (estimated previously, trough site indexes by Benavides, *op.cit.*). Under the same method, there were analysed some factors concerning the surrounding environment of the site, such as: height over the sea level (h.s.l.), its position in the slope, degree of slope, exposure and weathering, using as variables the abundance of plants and the mentioned factors.

In the area, there were found 15 herbaceous species and 7 shrubbies, from which 8 herbaceous and 4 shrubbies were analysed. The results of correlation of the abundance of plants with the site quality were not significative, therefore neither species was considered to be an indicator of the site quality. Concerning the results of the factors of the surrounding environment, some relationship was found, mainly with the slope, position in it, and wheathering. The preference of some species for the shady areas, open spaces or weathered places was detected, as well.

Key words: Tapalpa, Jalisco, Kendall's range, indicators, quality.

INTRODUCCIÓN.

El bosque es un recurso renovable que proporciona madera y otros bienes y servicios a los hogares y a la industria; comida y refugio a la fauna silvestre; protección al suelo, al agua y al ambiente en general. Por lo tanto, es muy importante que se dé un aprovechamiento racional y adecuado a su capacidad de regeneración y crecimiento, que está determinada en buena medida por la calidad de estación del área.

La calidad de estación la definieron Spurr y Barnes², *cit. pos.* Daniel³, como la capacidad productiva de un bosque, la cual está determinada por todos los factores que integran el ambiente donde se desarrolla, identificándose éstos, como factores climáticos, edáficos y biológicos.

Existen numerosos métodos por medio de los cuales es posible determinar el potencial productivo de un bosque. De manera general pueden clasificarse en métodos directos e indirectos. Los métodos directos se consideran en términos de máxima cantidad de madera (volumen), producida en un periodo dado; los métodos indirectos se basan principalmente en la vegetación y en los factores del medio físico, Daniel, *op. cit.*

La aplicación de los métodos indirectos resulta más económica y se realiza en la mayoría de los casos, en menos tiempo que cualquier método directo, porque éstos requieren de lapsos grandes para obtener resultados.

Dentro de los métodos indirectos, uno de los más prácticos y que puede resultar económico, es el de la vegetación. En México, hasta la fecha no se ha realizado ningún trabajo para estimar la calidad de estación mediante el uso de plantas indicadoras. Se tiene conocimiento en nuestro país de que algunas plantas herbáceas y arbustivas son indicadoras de suelos pobres o degradados, o bien, bosques con problemas de disturbios ecológicos; también existen plantas que sólo se encuentran en lugares de buena calidad, por lo cual se puede inferir que son sitios muy productivos; pero estos reconocimientos se han hecho únicamente por observaciones cuando se realizan otros trabajos, pero no con la finalidad de encontrar plantas indicadoras de calidad de estación.

En el presente estudio se utiliza el método de plantas indicadoras como procedimiento indirecto para predecir la calidad de estación del Área Demostrativa Forestal Tapalpa. La calidad de estación del área fue estimada anteriormente por Benavides, *op. cit.*, mediante el método del índice de sitio; y en este trabajo se estudian las plantas herbáceas y arbustivas relacionándolas con las calidades de estación.

Los objetivos planteados son:

1. Determinar las plantas herbáceas y arbustivas indicadoras de las calidades de estación del área de estudio.
2. Desarrollar una metodología para utilizar la vegetación herbácea y arbustiva como indicadora de la calidad de estación.

² Spurr, S.H. y Barnes B.V. 1982. Ecología Forestal.

³ Daniel, *et al.* 1982. Principios de Silvicultura.

ANTECEDENTES.

Definición de calidad de estación.

El término de calidad de estación lo empezaron a utilizar los europeos, pero generalmente se denomina de diferentes nombres. Los norteamericanos le denominan calidad de sitio. Incluso hay algunos autores (norteamericanos), que le llaman índice o tipo de localización; los europeos siguen utilizando el término de calidad de estación. Todos los términos mencionados están relacionados con la productividad (en madera), en el bosque. En este trabajo, independientemente del autor que se trate, se utiliza el término de calidad de estación.

Según Gola⁴, se define la estación como un área constituida por una forma fisiográfica definida, o por lo menos, por una precisa y bien limitada modificación de las condiciones edáficas e hídricas del suelo, que desde el punto de vista de su población vegetal y animal presenta condiciones relativamente uniformes.

La estación comprende, pues, el complejo de factores que actúan sobre una localidad determinada, en la medida necesaria para llegar a influir sobre la vegetación, (Bruselas, 1910, *cit. pos.* Gola); fisiográficamente es el resultado del modelado superficial por parte de los agentes atmosféricos y de los caracteres locales de la hidrografía, así como el estado mecánico (estructura, tamaño de partículas y permeabilidad) y químico del suelo.

Existen varias definiciones sobre lo que es calidad de estación. En forma clara, Spurr y Barnes *op. cit.*, la definieron como la suma total de todos los factores que afectan la capacidad productiva del bosque u otro tipo de vegetación y que son factores climáticos, edáficos y biológicos.

Husch y coautores⁵, ampliaron el término, señalando que la suma de todos los factores ambientales es expresada como la calidad de estación. El crecimiento del árbol está determinado por la capacidad de genética de las especies al interactuar con el ambiente. En la influencia del ambiente se incluyen factores climáticos como temperatura del aire, precipitación pluvial, viento e insolación, factores edáficos como suelo, características físicas y químicas, humedad y microorganismos; factores fisiográficos como pendiente, altitud y exposición; y factores biológicos como competencia, influencia de la vegetación menor e influencia de otros árboles y animales.

⁴ Gola *et al.* 1965. Tratado de Botánica.

⁵ Husch, B. C. *et al.* 1982. Forest Mensuration.

Métodos directos para determinar la calidad de estación.

Para estimar la calidad de estación existen métodos directos e indirectos y la elección para aplicar cualquiera de ellos sobre esta función del bosque depende de los recursos con que se cuente, la infraestructura, la precisión que se requiera y la facilidad con que se pueda aplicar el método, Benavides, *op. cit.*

Existen varios criterios para ubicar a los métodos directos y están de acuerdo a las exigencias del autor.

Spurr y Barnes *op. cit.*, los consideraron con términos de volúmenes brutos de madera por unidad de superficie por año, obtenidos a partir de datos a largo plazo, mediante mediciones periódicas sobre rodales.

Daniel y coautores, *op. cit.*, basaron a los métodos directos, medidos en máxima cantidad de madera (volumen), producida en un periodo dado, siendo esta definición similar a la presentada por Spurr y Barnes.

Métodos indirectos para determinar la calidad de estación.

Dentro de los métodos indirectos que se utilizan para determinar la calidad de estación, están aquéllos que se basan en información del medio, como son el clima, el suelo o la cubierta vegetal y tienen varias divisiones, según el autor.

Schönau⁶ los dividió en métodos cualitativos y cuantitativos. Fanta en 1983, *cit. pos.* Schönau, los distinguió en factores primarios: macroclima, topografía, roca madre y agua superficial, factores que son considerados independientes del ecosistema forestal y factores secundarios: suelo y humedad del suelo, entre otros, los que son considerados dependientes del ecosistema forestal.

Clutter y coautores⁷ los clasificaron de la siguiente forma: relación histórica entre especies; vegetación del sotobosque y evaluación por factores edáficos, climáticos y topográficos.

Otra clasificación es la que presentaron Spurr y Barnes, *op. cit.*, donde consideraron a los métodos indirectos de la siguiente forma:

1. Vegetación del bosque.
 - 1.1 Índice de sitio.
 - 1.2 Vegetación (plantas indicadoras)
 - 1.3 Vegetación combinada del sotobosque y masa arbórea

⁶ Schönau, A.P.G. 1986. "Problems in using vegetation on soil classification in determining site quality."

⁷ Clutter, J. L. *et al.* 1983. Timber management, a quantitative approach.

2. Factores del medio ambiente físico.
 - 2.1. Clima.
 - 2.2. Suelo y topografía.
3. Factores múltiples o combinados (utilizando algunos o todos los factores precedentes, conjuntamente con la historia del uso de la tierra del bosque).

A continuación se describen algunos métodos indirectos tomados principalmente de las clasificaciones que hicieron Spurr y Barnes, *op. cit.*

Método del índice de sitio.

El índice de sitio se define como la altura que alcanza un árbol bajo las condiciones del propio bosque, en un determinado número de años, Spurr, Barnes *op. cit.* Este método depende de la determinación de una curva de crecimiento en altura, en función de la edad, considerando una edad base a una altura determinada.

Factores del ambiente.

Ante la necesidad de buscar otros métodos que no estuvieran basados en la vegetación, para el caso de que ésta fuera inadecuada para obtener una estimación razonable de la calidad de estación, o estuviera ausente, se enfrentó la urgencia de explorar algunos factores del medio físico localmente significativos, Daniel, *op. cit.*

Clima.

El clima es uno de los elementos esenciales en la producción forestal. Paterson, *cit. pos.* Klepac⁸, se dedicó a estudiar la temperatura, la humedad, época del periodo de crecimiento e intensidad de la radiación. Por medio de estos factores determinó la productividad, expresándola por el incremento medio anual total por hectárea a la edad de 100 años.

La aplicación del índice de Paterson en áreas pequeñas no dió buenos resultados: con el tiempo ha sufrido varias críticas y correcciones, como los hechos por Weck en 1955 y Pardé en 1958, *cit. pos.* Klepac, ya que se ha comprobado que basándose únicamente en los factores climáticos no es posible determinar la productividad. Por lo tanto, además de los factores climáticos es necesario tomar en cuenta la fertilidad del suelo y la especie vegetal.

⁸ Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales.

Suelo y fisiografía.

Los estudios de suelo han permitido una mayor comprensión de las interacciones ecológicas de todos los factores del sitio. En 1958, White *cit. pos. Daniel*, mencionó que los factores son significativos en general, debido a la relación con la disponibilidad de agua en los periodos de sequía.

Steinbrenner *cit. pos. Daniel*, diseñó en 1960, en el oeste de Washington y Oregon, un método para determinar la calidad, basado principalmente en el factor suelo, que explica el 83% de las variaciones ocurridas en el sitio, incluyendo factores como la profundidad del horizonte A (contiene información acerca del nivel de nutrientes), la profundidad efectiva del suelo y la textura del horizonte B (refleja la cantidad de agua de lluvia). También correlacionó la calidad del sitio con sus relieves, de modo tal que podía utilizar la fotografía aérea para mapear las calidades.

Método de la vegetación.

La presencia o ausencia de una especie vegetal determinada, puede inferir la buena o mala calidad de sitio donde se encuentra. El hecho de poder establecer una vinculación definitiva entre especie y una calidad específica, es una opción práctica para poder determinar en forma indirecta la calidad de estación de un lugar dado. En forma general los ecólogos emplean constantemente organismos (plantas y animales), como indicadores, al explorar nuevas situaciones geográficas o al apreciar grandes áreas. Las plantas son particularmente útiles como indicadores ecológicos⁹.

Spurr y Barnes, *op. cit.*, mencionaron que la presencia, la abundancia y el tamaño relativo de las diversas especies en el bosque, reflejan la naturaleza del ecosistema forestal del cual forman parte, y a partir de éste sirven como indicadores de la calidad.

Schönau, *op. cit.*, afirmó que el uso de la vegetación para determinar la productividad del bosque, ha sido estudiada por Daubenmire en 1976, y concluyó que la vegetación es el reflejo de la suma de todos los factores o elementos del medio ambiente.

Carbajal¹⁰, reconoció varios grupos ecológicos, que se definieron considerando la relación de las especies con diversos factores del medio ambiente de la zona agrícola, tales como el pH del suelo y su contenido de materia orgánica, humedad, altitud, etc.

Como en el caso del término "calidad de estación", los autores también dan diferentes nombres a los métodos de la vegetación, pero en realidad, únicamente es posible

⁹ Odum, E.P. 1982. Ecología.

¹⁰ Carbajal, H.S. 1982. Florística y ecología de las plantas arvenses del maíz de temporal en Ixtlahuacán del Río, Jalisco.

clasificar dos métodos. El primero se denomina plantas indicadoras, utiliza la vegetación "menor" (del sotobosque), como indicadora; el segundo se basa en la vegetación combinada del sotobosque y masa arbórea. A este último método los europeos le denominan fitocenosis y los norteamericanos tipo de hábitat; en esencia el método es el mismo, sólo tiene pequeñas diferencias que se señalan en su oportunidad, al referirnos más adelante a cada uno de ellos. En general, el método de la vegetación establece una relación entre la productividad (en madera), y la vegetación del sitio.

Plantas indicadoras.

El primero que identificó y clasificó las relaciones existentes entre la cubierta vegetal y la productividad del sitio fue Cajander, *cit. pos.* Daniel, en Finlandia durante el año de 1909. En su método hizo la suposición de que la presencia de ciertas especies clímax en la cubierta vegetal bajo un rodal maduro eran indicadoras de la calidad de estación. Cuando ciertas especies se presentaban de modo consistente, en asociación con cierta calidad de estación y no en otras partes, les denominaba especies indicadoras. La crítica que se hace a este método es que la vegetación superficial se modifica al cambiarse el dosel superior de copas y también varía con modificaciones en el suelo superficial, variación que no se refleja en el estrato arbóreo que tiene enraizamientos más profundos.

También Harold y Hocker¹¹, señalaron que para la clasificación de la calidad, se emplea con bastante éxito, a la vegetación "menor" como indicador de ésta. Se ha reconocido que la presencia de ciertas agrupaciones de especies indicadoras caracterizan localidades de diferente productividad. La clasificación está basada en la frecuencia y abundancia de las especies claves o de un grupo de especies en el sotobosque. Las plantas dominantes que se presentan sobre una localidad representan una situación ecológica particular. En 1941, Ray, *cit. pos.* Harold y Hocker, presentó una lista de agrupaciones de especies para la región del Lago Edwards de Quebec, que estaban ordenadas de acuerdo a la productividad.

Spurr y Barnes *op.cit.*, por su parte, también mencionaron que las especies arbóreas son indicadoras útiles, tienen una vida prolongada, la densidad del lugar relativamente no las afecta y se identifican fácilmente en todas las estaciones del año. En cambio las especies del sotobosque, aunque son más propensas a estar influenciadas por la densidad del lugar, la historia y la composición del bosque en mayor medida que las especies arbóreas, tienen en muchos casos una tolerancia ecológica más restringida y pueden por lo tanto ser más útiles, como indicadores vegetales.

El concepto de utilizar la vegetación del sotobosque como indicador, ha sido adaptado exitosamente a los bosques de pinabetes-abetos de Norteamérica y en el este y centro de Canadá. Spurr y Barnes citan los estudios de Linteau en 1955, Rowe en 1956 y Grandther en 1966, quienes refinaron y resumieron los primeros trabajos con similares lineamientos.

¹¹ Harold, W. y Hocker, J: 1984. Introducción a la Biología Forestal.

En Sudáfrica, durante 1983 Grey y Taylor, *cit. pos.* Shönau, enlistaron las especies indicadoras de suelos pobres que requerían fertilización con fósforo, tanto como aquéllas de sitios favorables. Anteriormente, en 1936, Henkel, *cit. pos.* Shönau, ya había enlistado especies indicadoras de repoblaciones exitosas con árboles exóticos de Zululandia.

Índice vegetal de sitio.

El valor de la comunidad vegetal para la determinación de la calidad de estación, quedó demostrado por el desarrollo de un índice vegetal de sitio para el *Pinus palustris* en Alabama en el año de 1960 por Hodgkins, *cit. pos.* Daniel, lugar donde existe la desventaja de que hay muchas especies vegetales y una gran amplitud ecológica. Las especies utilizadas (árboles y plantas del sotobosque) para el índice vegetal del sitio fueron las disponibles a lo largo del año, al elaborar una lista de las probables especies indicadoras, los 13 grupos iniciales de muestreo se inventariaron, y cada especie obtuvo un cierto valor de dominancia dentro de la muestra, de la cual se calculó un índice promedio del sitio para cada especie. La aplicación posterior de este método a una provincia fisiográfica diferente, demostró una menor concordancia con el índice de sitio a pesar de la similitud florística de las dos provincias.

Por lo tanto, el índice vegetal de sitio es aplicable únicamente de forma directa a las condiciones del área de la cual se obtuvo; cada cambio de provincia requiere de una reevaluación de las relaciones existentes entre la especie y la calidad de sitio. Este método ha demostrado que si se utiliza correctamente, la vegetación puede reflejar la calidad de sitio de una zona, incluso en latitudes cálidas, Daniel *op. cit.*

Desventajas del método de la vegetación.

A pesar de que el método indirecto por medio de la vegetación es muy práctico y por lo tanto rápido y económico, en la determinación de la calidad de estación, existen situaciones en las que no es recomendable su uso.

Killian *cit. pos.* Shönau, también mencionó que otro caso son las plantaciones de especies de árboles exóticos manejados intensivamente, donde la vegetación superficial en una etapa temprana está totalmente sombreada.

Reforzando lo anterior, Harold y Hocker, *op. cit.*, afirmaron que en localidades donde se produjeron perturbaciones naturales, las comunidades vegetales cambian a intervalos irregulares, pero donde la perturbación es producida por el hombre, estos cambios se dan más rápido que los producidos por la naturaleza.

Por su parte Daniel, *op. cit.*, señaló que el método vegetal dependiente de la existencia de

plantas indicadoras, no ha resultado tan satisfactorio en lugares donde la mayor insolación, evaporación, sequedad superficial y perturbación artificial, sumados a la mayor cantidad de especies y amplitud ecológica, hacen imposible establecer alguna correlación entre la calidad de sitio y unas cuantas especies indicadoras.

De acuerdo a lo anterior, la aplicabilidad general de la evaluación de la calidad de estación, mediante el uso de plantas indicadoras, tiene severas limitantes; está restringida a bosques de composición simple, con clima frío y que no sufren algún tipo de disturbio ecológico.

METODOLOGÍA.

El área de estudio cuenta con una superficie de 825 ha. y se encuentra situada entre los paralelos 19° 56' y 19° 58' latitud norte y los meridianos 103° 47' y 103° 51' longitud oeste correspondientes a la sierra de Tapalpa; su localización está a 5 km. de la población de Tapalpa, Jalisco. Según la clasificación de Köppen modificada por García¹², el clima corresponde a un templado subhúmedo, con lluvias en verano. Su topografía es sumamente accidentada y presenta elevaciones que van de 1 900 a 2 400 m.s.n.m.

La vegetación del área según Benavides, *op.cit.*, está formada por bosque de pino, pino-encino y pino hojosas. El mayor porcentaje en orden del 84.8% corresponde al bosque de pino y el resto a la maleza. El género *Pinus* está representado en orden de importancia por las siguientes especies: *Pinus michoacana* cornuta Martínez, *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus leiophylla* Schl. et Cham., *Pinus pseudostrobus* Lindl., *Pinus douglasiana* Martínez y *Pinus lumholtzii* Rob. et Fer. De las latifoliadas los géneros más importantes son los siguientes: *Quercus* spp., *Crataegus* sp., *Arbus* ap., *Alnus* sp. y *Persea* sp. La vegetación herbácea y arbustiva se encuentra distribuida en toda la zona.

Como ya se mencionó con anterioridad, la finalidad del estudio fue encontrar alguna relación entre las plantas herbáceas y arbustivas del área, con las calidades de estación que estimó Benavides, *op.cit.* Las que fueron definidas con el método del índice de sitio, ajustando las curvas a través del modelo de Schumacher, fueron determinadas 3 curvas que corresponden a 3 calidades de estación, (*vid infra*, figura N° 1), que son:

Calidad I. Denominada como excelente, corresponden a ella todos aquellos árboles arriba de 28.89 m. de altura.

Calidad II. Calificada como buena, pertenecen a ella todos los árboles en el rango de 22.89 a 28.89 m. de altura.

¹² García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Köppen.

Calidad III. Designada como regular, corresponden a ella todos aquellos árboles por abajo de 22.89 m. de altura.

Las calidades de estación regular y buena fueron las que ocuparon mayor porcentaje en la zona; la calidad regular ocupó el 44%, la calidad buena el 43% y la calidad excelente ocupó sólo el 13%.

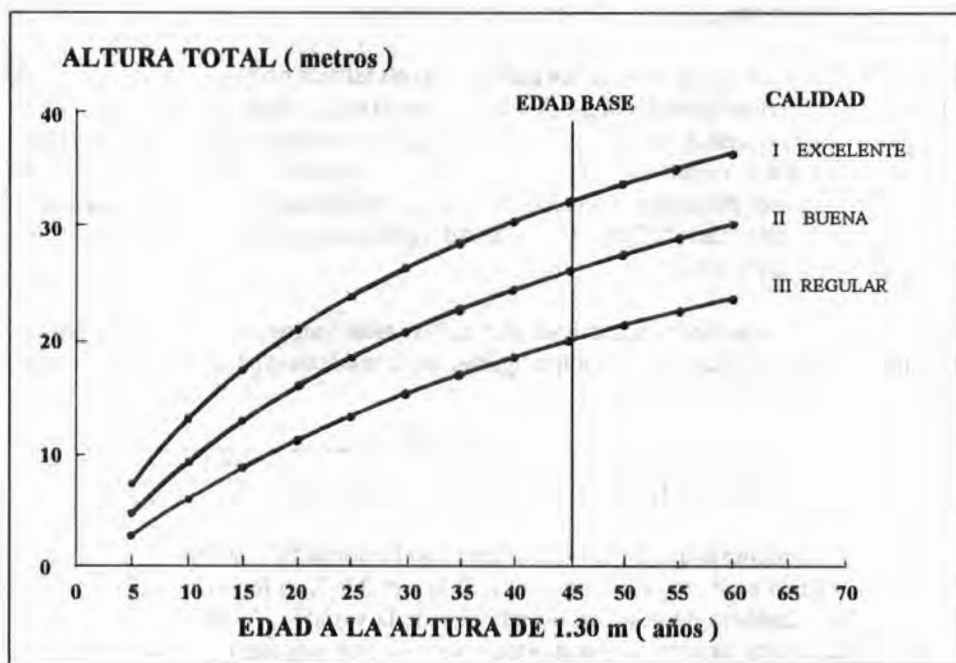


Figura N° 1. Curvas de calidad de estación para el Área Demostrativa Forestal Tapalpa. Benavides, *op. cit.*

Para la colecta de plantas se utilizó el diseño de muestreo sistemático, con una distancia entre sitios e hileras de 200 m., lo cual proporciona una intensidad del 2.5%. El tamaño del sitio fue de 1 000 m² de forma circular.

Al efectuar la colecta se siguieron las instrucciones de Vela¹³; se utilizaron prensas botánicas y el secado se hizo con la exposición al sol. Se colectaron las plantas herbáceas y arbustivas del sotobosque, dividiendo el sitio de 1 000 m² en cuatro selecciones de 250 m² cada una, por cada sección se eligieron las tres especies más frecuentes, a las cuales se dieron los valores de 1, 2, 3. A la planta con mayor frecuencia se dio el valor de 1, el

¹³ Vela, G.L. *et al.* 1982. Instructivo para la colecta de material botánico.

valor de 2 a la planta con frecuencia intermedia entre la 1 y la 3 y la puntuación de 3 a la planta con menor frecuencia que las anteriores. Para obtener la frecuencia total por sitio, se conjuntaron los datos de las cuatro secciones.

Las especies encontradas fueron clasificadas por el Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara y el INIFAP. Además, por sitio de muestreo, también se tomaron los datos de altura sobre el nivel del mar, posición en la pendiente, exposición y erosión. A estos factores se dieron rangos asignándoles un valor numérico.

Para el presente trabajo se hicieron los análisis con estadística no paramétrica, utilizando el coeficiente de correlación del rango de Kendall, con la metodología de Siegel¹⁴, en la cual menciona que este método es una medida de correlación que requiere que ambas variables sean medidas por lo menos en una escala ordinal, de manera que los objetos de estudio puedan colocarse en dos series ordenadas, de modo que a cada sujeto pueda asignársele un rango de X o Y, por lo tanto "r" dará una medida del grado de asociación o correlación entre los dos conjuntos de rangos.

El coeficiente de correlación del rango de Kendall (r), tiene varios procedimientos; por este trabajo se utilizó el de las observaciones ligadas, por considerarlo adecuado a los datos del trabajo. La fórmula es la siguiente:

$$N = \frac{S}{\sqrt{1/2 N (N - 1) - TX} \sqrt{1/2 N (N - 1) - TY}}$$

En este procedimiento lo que difiere de los demás es el valor de "S", para obtener ese valor se hace lo siguiente: se ordenan los números de la variable X en forma ascendente, por lo tanto también cambian de posición los números de la variable Y; los siguientes pasos corresponden a esta variable; se cuentan todos los números mayores que el primer número ordenados a la derecha de éste y se suma el número total de éstos. Después se cuentan todos los números menores ubicados a la derecha del número aludido y se restan, se hace lo mismo para todos los números; posteriormente se hacen las sumas y las restas de todos los valores obtenidos. El valor final es "S".

Los valores de N, TX se obtienen de la forma siguiente:

N = números de objetos o individuos ordenados según X y Y,

TX = $\frac{1}{2} t(t-1)$, t es el número de observaciones ligadas, en cada grupo de ligas de la variable X.

TY = $\frac{1}{2} t(t-1)$, t es el número de observaciones ligadas, en cada grupo de ligas de la variable Y.

¹⁴ Siegel, S. 1980. Estadística no paramétrica, aplicada a las ciencias de la conducta.

En este trabajo el tamaño de muestra fue muy variable, ya que hay plantas que se encontraron en sólo 5 sitios, mientras que otras se presentaron hasta en 101 sitios. Por otra parte al separar las plantas por calidad de estación, se redujo aún más el número de sitios y además no se tuvo el mismo tamaño de muestra para todas las especies; por lo tanto, se decidió aplicar la prueba de Student (t) para obtener el nivel de significancia.

De la Loma¹⁵, mencionó al respecto lo siguiente: “en general se considera que un valor de “r” mayor de 0,5 indica correlación, mientras que los valores inferiores a este límite denotan ausencia de correlación”; sin embargo, en muchos estudios prácticos el número de observaciones es reducido (N menor que 100), por lo tanto, es indispensable disponer de un criterio que permita apreciar la significancia del coeficiente de correlación obtenido por el cálculo, en 1960 Fisher, *cit. pos.*, De la Loma, propuso que en las muestras pequeñas, para calcular la significancia de “r”, aplicar la fórmula de Student y recurrir a las tablas de “t” para obtener el nivel de significancia. La fórmula es la siguiente:

$$t = \frac{r \cdot \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r^2}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En total dentro del área de estudio se encontraron 15 especies herbáceas y 7 arbustivas; la familia más representativa de las herbáceas es la Compositas que se presenta en 7 de las 15 especies; los géneros *Eupatorium*, *Piquierla* y *Salvia*, se encontraron representados por dos especies, todos los demás con una; las plantas herbáceas que se encontraron en mayor número de sitios fueron: *Festuca brevigluminis* Swallen, *Artemisia mexicana* Willd, *Stevia ovata* Wild y *Eupatorium* sp.

Las especies *Artemisia mexicana* Wild y *Eupatorium* sp., se encontraron en espacios abiertos no sombreados; *Stevia ovata* Willd también se encontró mayormente en espacios abiertos, pero asimismo se observó en espacios sombreados; *Pteridium aquilinum* Kuhn se localizó en lugares húmedos, principalmente en arroyos; *Eryngium monocephalum* Cav. y *Cirsium pinetorum* Greenm, se observaron en lugares erosionados; *Festuca brevigluminis* Swallen, tiene amplia distribución pero no se localizó en lugares erosionados, crece principalmente a la sombra de los árboles.

¹⁵ Loma, J.L. de la. 1966. Experimentación Agrícola.

También de las especies arbustivas la familia Compositae fue la más representativa; tres de las siete especies corresponden a esta familia. De acuerdo al número de sitios, las plantas arbustivas se presentaron en orden descendente de la forma siguiente: *Senecio salignus* D. C., *Rhamnus hintonnii* M. C. & L. A. Johnston, *Verbesina sphaerocephala* var. *sphaerocephala* y *Baccharis thesioides* H.B.K.

Las plantas arbustivas *Senecio salignus* D.C. y *Baccharis thesioides* H.B.K. se observaron en los claros de los bosques, principalmente en terrenos desforestados; *Verbesina sphaerocephala* var. *sphaerocephala* se detectó con mayor frecuencia en terrenos erosionados; *Rhamnus hintonii* M.C. & L.A. Johnston tiene una amplia distribución pero al igual que *Festuca brevigluminis* Swallen no se encontró en lugares erosionados.

De manera general al analizar estadísticamente la información, no se presentaron resultados significativos para considerar que alguna planta sea indicadora de cierta calidad de estación, ya que la mayoría de las especies al realizar el análisis de correlación presentaron valores muy bajos; por lo tanto, también en el análisis de las pruebas de significancia el nivel fue bajo, en muy pocas especies se encontró un nivel significativo de .05 o mayor que éste, por lo que los resultados no se consideraron satisfactorios.

Del total de las especies herbáceas y arbustivas se analizaron sólo 8 especies herbáceas, y 4 arbustivas. Para considerar a las plantas estudiadas se deshecharon las que se encontraban en menos de 5 sitios. Posteriormente se eliminaron las especies que al separarlas por calidad de estación, en ninguna calidad se encontraban en más de 5 sitios. Se tomó esta decisión debido a que las plantas con pocos sitios arrojaban resultados muy bajos, cercanos a 0, o muy altos cercanos a 1.

Para analizar los resultados de la correlación de frecuencia de plantas (variable dependiente), con la calidad de estación (variable independiente), se tomaron para ésta los rangos de altura para cada una de las calidades y la frecuencia de plantas con valores de 1, 2, ó 3 por cada sitio. Por lo tanto, los resultados se presentaron organizados por cada calidad, pero generados con base en los rangos de altura.

| ESPECIE | CALIDAD DE ESTACIÓN | r | t | α | N |
|---|---------------------|------------------------------|--------|----------|----|
| <i>Artemisia mexicana</i> Willd | I | -0.3779 | 1.0798 | .4 | 9 |
| | II | -0.1365 | 0.7490 | .5 | 31 |
| | III | 0.0703 | 0.3795 | | 31 |
| <i>Cirsium pinetorum</i> Greenm | II | -0.2581 | 0.4627 | | 5 |
| | | | | | |
| <i>Eryngium monocephalum</i> Cav. | III | -0.1195 | 0.2235 | | 5 |
| | | | | | |
| <i>Eupatorium</i> sp. | I | -0.5962 | 1.4852 | .3 | 6 |
| | II | 0.0700 | 0.2977 | | 20 |
| | III | -0.2179 | 0.6697 | .5 | 11 |
| <i>Festuca brevigluminis</i> Swallen | I | -0.0210 | 0.0840 | | 18 |
| | II | -0.2075 | 1.3075 | .3 | 40 |
| | III | -0.0437 | 0.2803 | | 43 |
| <i>Pteridium aquilinum</i> Kuhn | II | -0.1091 | 0.2454 | | 7 |
| | III | -0.1382 | 0.4627 | | 13 |
| <i>Salvia purpurea</i> Cav. | I | 0.9486 | 5.1915 | .02 | 5 |
| | II | -0.6236 | 1.9539 | .1 | 8 |
| <i>Stevia ovata</i> Willd | II | 0.0708 | 0.3174 | | 22 |
| | III | 0.1128 | 0.4680 | | 19 |
| r = correlación | | t = prueba de Student | | | |
| α = nivel significativo o nivel significante | | N = número de sitios | | | |

Cuadro N° 1. Resultados del análisis de correlación y pruebas de significancia de las 8 especies herbáceas, en cada calidad de estación.

En el cuadro N° 1, como se observa, la mayoría de las especies representaron un nivel de significancia muy bajo con excepción de *Salvia purpurea* Cav. en la calidad I, que presentó un nivel significativo de .02, (el cual se menciona más adelante).

Artemisia mexicana Willd. Esta especie se encontró distribuida en las 3 calidades de estación. En las calidades II y III se presentó en 31 sitios, pero se observaron diferencias en las dos calidades, ya que en la calidad III, el valor de r es bajo por lo tanto no se observó nivel significativo; en la calidad II presentó correlación negativa con un nivel significativo de .5. En la calidad I también presentó correlación negativa. La planta se encontró en sólo 9 sitios pero el valor de r fue aceptable, por lo tanto, se observó un nivel de significancia de .4 (40% de probabilidad de cometer error). No se puede inferir que sea indicadora de la calidad I porque el nivel de significancia es muy bajo y además en la calidad II presentó un nivel significativo casi similar.

Cirsium pinetorum Greenm. Esta planta sólo se presentó en la calidad II. No se obtuvo nivel de significancia porque el tamaño de la muestra fue muy bajo (5 sitios) y además el valor de r también fue bajo; sin embargo, se consideró importante porque sólo se encontró en una calidad, por lo tanto sólo se puede mencionar que tiene predilección por dicha calidad.

Eryngium monocephalum Cav. Esta hierba se encontró sólo en la calidad III, con un tamaño de muestra muy bajo y valor de r bajo, por lo tanto, tampoco presentó nivel significativo. Se toma en cuenta en este análisis como importante porque tiene presencia en la calidad regular.

Eupatorium sp. Esta especie se encontró distribuida en las 3 calidades de estación, pero en las 3 presentó niveles de correlación bajos y niveles de significancia por igual, por lo cual no se considera indicadora.

Festuca brevigluminis Swallen. Esta especie fue de las plantas herbáceas que más se encontró y además distribuida en las 3 calidades de estación, aunque el tamaño de muestra es alto para las 3 calidades, los valores de r son bajos, por lo tanto, no presentó niveles significativos.

Pteridium aquilinum Kuhn. Esta planta se encontró en las calidades II y III en muy pocos sitios; además, el valor de r fue bajo, por lo tanto, no se obtuvo nivel significativo en ninguna calidad.

Salvia purpurea Cav. En la calidad I esta especie presentó valores significativos altos por una correlación alta, pero el tamaño de muestra es pequeño, sólo de 5 sitios, pero en la calidad II también se obtuvieron resultados similares. No se puede mencionar que la planta sea indicadora de la calidad I porque el nivel significativo de la calidad también es sobresaliente.

Stevia ovata Willd. Esta especie se encontró en las calidades II y III con un tamaño de muestra similar (22 sitios en la calidad II y 19 sitios en la III). Los valores de r fueron muy bajos para las 2 calidades, por lo tanto, no se obtuvo nivel de significancia, indicando que no hay correlación importante para ninguna calidad.

| ESPECIES | CALIDAD DE ESTACIÓN | r | t | α | N |
|---|---------------------|---------|--------|----------|----|
| <i>Baccharis thesioides</i> H. B. K. | II | -0.3535 | 0.9998 | .4 | 9 |
| | III | 0 | | | 11 |
| <i>Rhamnus hintonnii</i> M.C. & L.A.J. | I | 0.5321 | 2.2659 | .05 | 15 |
| | II | 0.0471 | 0.2539 | | 31 |
| | III | -0.1518 | 0.6507 | | 20 |
| <i>Senecio salignus</i> D.C. | I | -0.6236 | 2.1105 | .1 | 9 |
| | II | 0 | | | 37 |
| | III | 0.1556 | 1.0683 | .3 | 48 |
| <i>Verbesina sphaerocephala</i> var. <i>sphaerocephala</i> | II | 0.3560 | 1.4254 | .2 | 16 |
| | III | 0.0052 | 0.0238 | | 23 |

Cuadro N° 2. Resultados del análisis de correlación y pruebas de significancia de las 4 especies arbustivas, en cada calidad de estación.

Como se observa en este cuadro, también los niveles significativos son muy bajos. Sólo *Rhamnus hintonnii* M.C. & L.A. Johnston en la calidad I presentó un nivel significativo alto.

Baccharis thesioides H.B.K. Esta especie se encontró en las calidades II y III, y en las dos calidades presentó resultados muy bajos en los niveles de significancia y correlación, por lo cual no hay predicción de ninguna calidad.

Rhamnus hintonnii M.C. & L.A. Johnston. Este arbusto se encontró distribuido en las 3 calidades de estación; en la calidad I obtuvo una r de .5 con un nivel de significancia de 0.5. Sin embargo, no se puede decir que esta especie sea indicadora de la calidad I, ya que también se presentó en las otras dos calidades aunque con valores bajos.

Senecio salignus D.C. Esta planta fue la especie arbustiva que más se encontró en el área

y también se distribuye en las 3 calidades; la mejor correlación y nivel de significancia se obtuvo para la calidad I, pero se presentó en todas las calidades, por lo que no puede predecirse su presencia únicamente para la calidad I.

Verbesina sphaerocephala var. *sphaerocephala*. Este arbusto se encontró en 2 calidades de estación; en la calidad II se presentó en 16 sitios el valor de r fue de 0.3560. Se obtuvo un nivel significativo de .2 (20% de probabilidad de cometer error); en la calidad III no se observó nivel significativo.

Los valores obtenidos en los cuadros 1 y 2 en lo relativo a las pruebas de significancia en la mayoría de las especies son muy bajos; por lo tanto, no se puede inferir que alguna planta sea indicadora de determinada calidad de estación. Las plantas que presentaron valores altos en las pruebas de significancia arriba de .05, fueron la *Salvia Purpurea* Cav. y *Rhamnus hintonnii* M.C. & L.A. Johnston, pero no se pudo afirmar que son indicadoras de la calidad en la cual se presentaron con valor alto, porque además se encontraron en las otras calidades; por otra parte, se observó que otras plantas que tuvieron la misma frecuencia o incluso mayor, arrojaron valores bajos.

Al no obtener resultados satisfactorios en el análisis de correlación de la calidad de estación y la frecuencia de plantas, se decidió analizar algunos factores del medio físico para observar si las plantas se encontraban influenciadas por alguno de ellos; los factores estudiados son: altura sobre el nivel del mar, posición en la pendiente, exposición y grado de erosión.

Para este análisis se utilizó el mismo método que se aplicó para obtener el grado de correlación. En este estudio no se separaron las plantas por calidad de estación; se tomó el número total de sitios por especie y se analizó la frecuencia de plantas con los factores antes mencionados. Se analizaron las mismas especies estudiadas y también se hicieron las pruebas de significancia.

Los factores más correlacionados en esta segunda parte fueron; la pendiente, posición en la pendiente, la erosión y la altitud, así también se observó la preferencia de algunas especies por lugares específicos del medio físico, lo cual puede ayudar a estudiar mejor las especies del sotobosque, ubicar la ecología de cada una de ellas y entender sus relaciones con las especies arbóreas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. No fue posible estimar la calidad de estación con el método utilizado, a través de las especies herbáceas y arbustivas en el área de estudio.

2. Aunque la especie herbácea *Salvia purpurea* Cav. presentó el mejor resultado para la calidad I, no es satisfactoria para poder predecir que sea indicadora de esta calidad estimada en el área por Benavides, *op. cit.*
3. La especie herbácea *Rhamnus hintonnii* M.C. & L.A. Johnston presentó valor alto en la calidad I, sin embargo, tampoco se considera representativa de esa calidad.
4. Las especies herbáceas *Festuca brevigluminis* Swallen; *Artemisia mexicana* Willd y *Eupatorium sp.*, las cuales tienen una amplia distribución en la zona, se encontraron en las 3 calidades de estación.
5. Las especies arbustivas *Rhamnus hintonnii* M.C. & L.A. Johnston y *Senecio salignus* D.C. también se encontraron distribuidas en toda el área y se presentaron en las 3 calidades de estación.
6. *Rhamnus hintonnii* M.C. & L.A. Johnston y *Festuca brevigluminis* Swallen tienen una distribución similar en el área. Ambas se encontraron en lugares no erosionados, presentándose también en las 3 calidades de estación.
7. La especie herbácea *Artemisia mexicana* Willd presentó correlación con la pendiente y la erosión; el *Cirsium pinetorum* Greenm se encontró correlacionado con la pendiente y la exposición; a su vez, la *Festuca brevigluminis* Swallen tuvo correspondencia con la altura con el nivel del mar y el grado de erosión; estas especies presentaron niveles significativos altos.
8. *Rhamnus hintonnii* M.C. & L.A. Johnston se encontró fuertemente correlacionada con la posición en la pendiente. El resultado indicó que se encuentra en mesetas o terrenos planos.
9. La planta arbustiva *Baccharis thesioides* H.B.K. se encontró correlacionada con la posición en la pendiente; *Senecio salignus* D.C. presentó correspondencia con la pendiente y *Verbesina sphaerocephala* var. *sphaerocephala* se encontró correlacionada con la exposición. También estas especies presentaron niveles altos de significancia.
10. Se recomienda realizar otro tipo de toma de información para las plantas herbáceas y arbustivas en las cuales se realice un conteo total de las plantas por sitio o un muestreo dentro del mismo.
11. En el presente trabajo no se encontró correlación entre las calidades de sitio estimadas por Benavides, *op.cit.*, pero esto no quiere decir que no existan correlaciones con otras variables o con otra agrupación de las calidades, por lo que es necesario hacer estudios de esta índole que permitan obtener metodologías para evaluar la calidad de estación por medio de plantas herbáceas y arbustivas.

BIBLIOGRAFÍA.

- Benavides, S., J. de D. 1987. Estimación de la calidad de sitio mediante índices de sitio del *Pinus michoacana cornuta* Martínez y *Pinus oocarpa* Schiede. Para el A.D.F. Tapalpa estado de Jalisco. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 81 p.
- Carvajal, H. S. 1982. Florística y ecología de las plantas arvenses del maíz de temporal en Ixtlahuacán del Río, Jal. Tesis Licenciatura. Facultad de Agricultura de la Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. 118 p.
- Clutter, J. L.; Forston, J. C.; Pienaar, L. V.; Brister, G. H. y Bailey, R. L. 1983. Timber management, a quantitative approach. Ed. John Wiley. New York. 333 p.
- Daniel, T. W.; Helms, J. A. y Baker, F. S. 1982. Principios de Silvicultura. Primera edición en español. Ed. Mc. Graw Hill. México. 493 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climático de Koppen. Ed. Larrios. México. 71 p.
- Gola; Negri y Cappelletti. 1965. Tratado de Botánica. 2ª ed. Ed. Labor. México. 1160 p.
- Harold, W. y Hocker J. 1984. Introducción a la Biología Forestal. Primera edición en español. Ed. AGT. México. 446 p.
- Husch, B. C.; Miller, C. H. y Beers, T. W. 1982. Forest Mensuration. 3º ed. Ed. John Wiley and Sons. New York. 401 p.
- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Primera edición en español. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 1220 p.
- Loma, J.L. de la. 1966. Experimentación Agrícola. 2ª ed. Ed. UTEHA. México. 493 p.
- Odum, E. P. 1982. Ecología. 3ª ed. Ed. Interamericana. México. 639 p.
- Schönau, A.P.G. 1986. "Problems in using vegetation on soil classification in determining site quality". 18th IUFRO World Congress. Div. I. Forest Environment and Silviculture. Yugoslavia. pp. 392-404.
- Siegel, S. 1980. Estadística no paramétrica aplicada a las ciencias de la conducta. 6ª reimp. Ed. Trillas. México. 346 p.

- Spurr, S. H. y Barnes, B. V. 1982. Ecología Forestal. Primera edición en español. Ed. AGT. México. 690 p.
- Vela, G. L.; Hernández, A. R. y Boyas, J. D. 1982. Instructivo para la colecta de material botánico. Vol. Div. N° 49. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 27 p.