

PREDICCIÓN DEL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE *Pinus rudis* ENDL EN PUEBLOS MANCOMUNADOS, IXTLAN, OAXACA.

Alfonso de la Fuente E¹, Alejandro Velázquez Martínez², Juan M. Torres Rojo³
Hugo Ramírez Maldonado³, Carlos Rodríguez Franco³, Antonio Trinidad Santos⁴.

RESUMEN

El trabajo analizó información dasométrica proveniente de 129 parcelas temporales de muestreo, localizadas selectivamente en rodales puros y coetáneos de *Pinus rudis* Endl en Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Oaxaca. Se determinaron modelos de predicción del crecimiento y rendimiento, considerando los enfoques de totalidad del rodal y de distribuciones diamétricas. Las ecuaciones generadas explican del 82 al 99% de la variación total en los parámetros de interés.

Palabras clave: *Pinus rudis*, modelos de crecimiento y rendimiento, distribuciones diamétricas.

ABSTRACT

This study presents results carried out using data obtained on 129 temporary plots selected in even-aged and pure stands of *Pinus rudis* Endl. in Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Oaxaca, México. Growth and yield prediction models were fitted according to whole stand and diameter class distribution models. The total variation explained by the generated models ranges from 82 to 99 percent.

Key words: *Pinus rudis*, growth and yield models, diameter class distribution

INTRODUCCIÓN

El constante aumento de la población del país trae como consecuencia, entre otras cosas, una creciente demanda de productos maderables, conduciendo necesariamente a la aplicación de técnicas de cultivo del bosque que garanticen el manejo óptimo de los recursos forestales. Para cumplir con lo anterior, es necesario que el técnico responsable de la administración forestal, cuente con herramientas de apoyo que le permitan conducir satisfactoriamente la evolución de un rodal hacia una condición futura deseada, que a su vez cumpla los objetivos de manejo previstos. Como parte de estas herramientas, los modelos de crecimiento y rendimiento constituyen un aspecto fundamental para la planificación de las actividades de manejo del bosque.

ANTECEDENTES

Generalidades sobre modelos de crecimiento y de rendimiento forestal

El crecimiento de un árbol o de una masa forestal está representado por su desarrollo, es decir, por el aumento en sus dimensiones: altura, diámetro, área basal y volumen. Este crecimiento, en un período determinado se denomina incremento y representa un

aumento en la cantidad de tejido acumulado de floema y xilema en forma de corteza y madera respectivamente (Husch, 1963; Prodan, 1968; Klepac, 1983). El rendimiento, por otra parte, se refiere al total de madera susceptible de ser cosechada en un tiempo y en un sitio dado (Spurr, 1952). A diferencia de la producción, que representa toda la madera inventariable producida en un sitio (sea bruta o neta), el rendimiento, es la cantidad total efectiva de producto útil (Avery y Burkhart, 1983). En virtud de lo anterior, y para contribuir con los aspectos señalados, en los rodales coetáneos de *Pinus rudis* Endl. de Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Oaxaca, se propuso la obtención de un sistema de predicción del crecimiento y rendimiento de los rodales, considerando para su elaboración modelos de totalidad del rodal y de distribuciones diamétricas.

Los modelos forestales son abstracciones de la dinámica de los bosques basados en relaciones funcionales entre la magnitud del crecimiento y los factores o variables que explican dicho crecimiento. Estos modelos se refieren a un sistema de ecuaciones que predicen el crecimiento y rendimiento de un rodal bajo una variedad de condiciones (Davis y Johnson, 1987), y constituyen una herramienta valiosa para la planificación de las actividades de manejo.

¹Graduado Colegio de Postgraduados Montecillo, México

²Profesor-investigador Titular del programa Forestal Colegio de Postgraduados Montecillo, México

³Profesor Colaborador del Programa Forestal Colegio de Postgraduados Montecillo, México

⁴Profesor Titular del Programa de Edafología Colegio de Postgraduados Montecillo, México

Generalmente, se elaboran para efectuar estimaciones confiables del crecimiento y del rendimiento futuro; generar la información necesaria que permita mantener las cosechas dentro de la capacidad sustentable del bosque; comparar alternativas de manejo que permitan analizar las mejores opciones de uso de la tierra; determinar la edad óptima de cosecha, la programación de las cortas intermedias, la estimación de la producción anual, periódica o total durante el período de rotación y las clases de productos; realizar análisis financieros; explorar opciones de manejo y alternativas silvícolas; examinar los impactos del manejo y de la cosecha sobre otros valores del bosque, así como para determinar un régimen que maximice el volumen maderable o el valor de la producción (Vancley, 1994).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción general del área de estudio

El área de estudio Pueblos Mancomunados se localiza en la región centro-norte del estado de Oaxaca, en la parte sureste de la Sierra Juárez, cubriendo 29,431 hectáreas. Se localiza entre los 17° 05' y 17° 14' Norte y 96° 22' y 96° 31' Oeste. Presenta un relieve muy accidentado, predominando la presencia de montañas y lomeríos. La altitud de las zonas arboladas varía de 2400 a los 3300 m. La topografía del terreno varía desde pendientes muy ligeras en los valles, hasta laderas que alcanzan de 50 a 60% de pendiente, encontrándose algunas que rebasan el 100%. Además se presentan todas las exposiciones posibles. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1973), la zona presenta un clima templado subhúmedo, con régimen de lluvias de verano, y con una precipitación invernal menor del 5%. La precipitación media anual fluctúa entre 700 y 1500 mm, corresponde para el mes más seco alrededor de 40 mm. La temperatura media anual oscila entre 12 y 18° C. Los suelos en su mayoría son de textura limosa, y negros como color dominante. La clasificación FAO/ UNESCO, le asigna el tipo cambisol cálcico, con susceptibilidad a erosión desde moderada hasta alta; generalmente se presenta erosión laminar ligera, y en menor grado laminar intensa y en forma de cárcavas. Las condiciones climáticas, topográficas y edáficas del área permiten el desarrollo de

una abundante vegetación arbórea, predominando el bosque de coníferas, principalmente de *Pinus rudis* Endl., *P. patula* Schl. et Cham., *P. pseudostrobus* Lind., *P. ayacahuite* Ehr., *P. montezumae* Lamb., *P. oaxacana* Mirov., *P. teocote* Schl. et Cham., *Abies* sp., *Quercus* sp. y *Arbutus* sp.

Muestreo

Se consideraron 129 sitios seleccionados en rodales que reunían las características deseadas: puros y coetáneos, sanos, sin presencia de plagas o enfermedades, sin evidencia de muerte catastrófica, no intervenidos en los últimos años y de densidad normal o completa. Se cubrió todos los rangos de edad y calidades de sitio. En todos los casos se utilizaron sitios temporales de forma circular de 0.1 ha de superficie.

Toma de datos. En cada sitio se midió: 1) Altura total y de fuste limpio, en metros y centímetros, de los cinco árboles próximos dominantes y codominantes al centro del sitio, medida con clinómetro Suunto; 2) Edad de los mismos cinco árboles, a 1.30 m de altura del nivel del suelo, y tomada por el lado superior de la pendiente, la cual se determinó tomando el número de anillos de crecimiento anual de los cilindros extraídos con el taladro Pressler; 3) Longitud de los últimos 10 anillos de crecimiento anual, en centímetros con aproximación al milímetro, medidos sobre la misma viruta utilizada para determinar la edad; 4) Diámetro normal con corteza y grosor de corteza de todos los árboles localizados dentro del sitio, en centímetro con aproximación al milímetro, calculados con cinta diamétrica y medidor de corteza, respectivamente; 5) Altura total y del fuste limpio del resto del arbolado ubicado dentro del sitio, en metros con aproximación al centímetro, medida con clinómetro Suunto. La información fue analizada considerando la hectárea como unidad de superficie. Los parámetros estimados fueron: número de árboles, diámetro cuadrático promedio, diámetro medio, altura promedio de los árboles dominantes y codominantes, altura total promedio del arbolado, edad promedio a 1.30 m del nivel del suelo y volumen.

Procesamiento de la información Los datos fueron procesados mediante la aplicación de técnicas de regresión, basadas en el método de mínimos cuadrados.

Índice de sitio. Para la construcción de las curvas de índice de sitio se utilizó la metodología propuesta por Curtis (1964), la cual consiste en realizar mediciones de alturas y edades de árboles dominantes en una serie de parcelas ubicadas de modo tal que se cubra todo el rango de edad y de calidades de sitio. Posteriormente se ajusta una curva guía a la distribución resultante de la información anterior, para finalmente, a partir de la curva guía generada construir la familia de curvas anamórficas. En la elaboración de las curvas se probaron los modelos de Schumacher y Chapman-Richards, considerando 675 árboles dominantes y codominantes ubicados en 129 sitios temporales de muestreo, que cubrieron edades de los nueve hasta los 120 años. La estimación de los parámetros a estos modelos se obtuvo con el método DUD del procedimiento NLIN del paquete estadístico SAS. La selección del modelo más adecuado

para describir la relación edad-altura se hizo mediante los estadísticos pseudo- R^2 , cuadrado medio del error, el valor de F, los intervalos de confianza de los estimadores, el error estándar de los estimadores y el análisis de residuales.

Predicción explícita del rendimiento. Para la predicción explícita de los rendimientos corriente y futuro, se utilizaron la forma básica del modelo de Schumacher y la propuesta de Sullivan y Clutter(1972), al considerar algunas transformaciones de las variables de predicción con el fin de lograr mejores ajustes. La estimación del volumen comercial individual se efectuó con una ecuación elaborada por De la Fuente (1992) para la especie y zona considerada, basada en el modelo de la variable combinada generalizada (Clutter *et al.*, 1983), cuya expresión tiene la estructura:

$$VC = 0.14505 + 0.0001949D^2 + 0.012068H + 0.00001228D^2H \dots (3.1)$$

$$R^2 = 0.9283; CME = 0.0301; CV = 20.83; n = 839$$

Donde: VC: Volumen comercial del árbol en m^3 , sin considerar tocón y hasta una altura comercial correspondiente a un diámetro de fuste de 10 cm;
D: Diámetro normal en centímetros;
H: Altura total del árbol en metros;
 R^2 : Coeficiente de determinación;
CME: Cuadrado medio del error
n: Tamaño de muestra.

Se estimaron con esta ecuación los rendimientos por ha para la predicción de los rendimientos corriente y futuro del rodal. El análisis de regresión para los modelos de predicción indicados se efectuó utilizando el procedimiento REG del paquete SAS. El criterio para la selección de los mejores modelos se basó en el menor cuadrado medio de error, mayor coeficiente de determinación R^2 , menor coeficiente de variación, significancia del modelo y de las variables predictoras que lo constituyen prueba de normalidad, análisis gráfico de residuales, así como el sentido lógico de los signos de los estimadores de los parámetros.

Predicción implícita del rendimiento. Para efectuar esta predicción implícita del rendimiento corriente y futuro de los rodales en consideración, se procedió de acuerdo al enfoque distribucional sugerido por Clutter *et al.* (1983). Las distribuciones teóricas Weibull

se obtuvieron con la función de distribución acumulativa arreglada en la forma siguiente:

$$P(L < X < U) = \exp[-((L-a)/b)^c] - \exp[-((U-a)/b)^c] \dots (3.2)$$

Donde: P: Proporción de árboles en la categoría diamétrica;
L y U: Límites inferior y superior, respectivamente, de la categoría diamétrica; y
X: Categoría diamétrica.

La estimación de los parámetros de la función de distribución Weibull, se determinó utilizando el programa WEST (Torres, 1992), que estima los parámetros por diez métodos diferentes. Una vez que se contó con los estimadores de los parámetros por parcela, se obtuvo las ecuaciones para predecir tales estimadores en función de los atributos de cada rodal, por lo se realizó una regresión por pasos, mediante el procedimiento STEPWISE de SAS. Una vez identificadas las características del rodal que permitió predecir los parámetros de la distribución Weibull, se

ajustaron modelos para proyectar dichas variables en el tiempo, mediante la forma básica siguiente:

$$Y_2 = \beta_0 + \beta_1(Y_1) + \beta_2 \ln(AB_1) + \beta_3(E_1/E_2) \dots (3.3)$$

Donde: Y_2 : Valor de la variable proyectada a E_2 ;
 Y_1 : Valor inicial de la variable a predecir;
 AB_1 : Área basal correspondiente a E_1 ;
 E_1 : Edad inicial;
 E_2 : Edad final del período de proyección;
 \ln : Logaritmo natural;
 β_i : Parámetros a estimar.

Obtenidas las ecuaciones de regresión, en todos los modelos se probó las tendencias distribucionales de los residuales y análisis de los mismos, normalidad (procedimiento UNIVARIATE de SAS) y la homogeneidad de varianzas (análisis gráfico de residuales contra predichos de la variable dependiente).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Predicción explícita del rendimiento

Los modelos obtenidos y las características del ajuste se presentan en el Cuadro 1 que

muestra las ecuaciones para la predicción de atributos a escala de rodal, mismos que proveen la información para estimar el rendimiento explícito corriente y futuro. En el Cuadro es evidente la alta significancia en la prueba F, los bajos cuadrados medios del error y los valores elevados de los coeficientes de determinación, mismos que sirvieron, junto con los errores estándar de los parámetros significancia en la prueba de "t" y el análisis de residuales, como criterios para juzgar la calidad del ajuste. Con relación a los signos de los coeficientes obtenidos, estos resultan lógicos, coincidiendo en general con los reportados en la literatura. Por lo anterior, se infiere que el ajuste de los modelos fue satisfactorio, obteniéndose un sistema de predicción explícita que estima confiablemente el rendimiento de los rodales. De acuerdo con las ecuaciones generadas, es posible predecir el rendimiento actual y futuro de un rodal en la zona y para la especie indicada con solo determinar su edad, área basal por hectárea e índice de sitio, así como la edad a la cual se desea hacer la predicción.

Cuadro 1. Resumen del análisis estadístico de los modelos ajustados para la predicción de atributos a escala de rodal de *Pinus rudis* Endl. de Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Oaxaca.

MODELO ECUACIÓN OBTENIDA	P-R ²	CME	F-CALC	n
(4.1) $HT = S e^{[24.2030(1/E_1 - 1/E_2)]}$ EE de "24.2030" = 0.05	0.9997	0.117	459839.14	675
(4.2) $S = HT e^{[-24.2030(1/E_1 - 1/E_2)]}$ EE de "24.2030" = 0.05	0.9997	0.117	459839.14	675
(4.3) $\ln(V) = 2.7819 + 1.0641 \ln(S) - 1.0883(1/E_1) + 0.0201 \ln(AB_1)$ EE de "2.7819" = 0.2448 Significancia = 0.0001 EE de "1.0641" = 0.0414 Significancia = 0.0001 EE de "1.0883" = 0.0420 Significancia = 0.0001 EE de "0.0201" = 0.6183 Significancia = 0.0322	0.9388	0.005	917.34	129
(4.4) $\ln(V_2) = 7.7870 + 1.07 \ln(S) - 11.096(1/E_2) + 0.085(1 - E_1/E_2) + 0.0145 \ln(AB_1)$ EE de "7.7870" = 0.2457 Significancia = 0.0001 EE de "1.07" = 0.0431 Significancia = 0.0001 EE de "11.096" = 0.6189 Significancia = 0.0001 EE de "0.085" = 0.0147 Significancia = 0.1756 EE de "0.0145" = 0.0077 Significancia = 0.0385	0.9346	0.008	975.31	129

Donde: HT: Altura promedio total de los árboles dominantes y codominantes (m); S: Índice de sitio (m);
 E_b : Edad base (50 años); E_1 : Edad actual (años); V: Volumen comercial actual (m^3/ha)
 V_2 : Volumen comercial futuro (m^3/ha); AB_1 : Área basal actual correspondiente a E_1 ;
 E_2 : Edad de proyección (años); P-R²: Coeficiente o pseudo coeficiente de determinación;
 CME: Cuadrado medio de error; F-CALC: Valor de F; n: Tamaño de muestra; EE: Error estándar del estimador cuya estimada aparece entre comillas; Significancia: Probabilidad de un valor de F mas grande que el calculado.

Predicción implícita del rendimiento

El sistema de ecuaciones de regresión que predice el rendimiento con base en distribuciones diamétricas se presenta en el Cuadro 2, observando una alta significancia de los modelos, valores de los coeficientes de determinación altos, cuadrados medios de error bajos y coeficientes de variación y

errores estándar de los parámetros aceptables. Asimismo, los niveles de significancia para la prueba "t" evidencian que todas las variables involucradas contribuyen a la predicción señalada, indicando así un ajuste adecuado de los modelos, por lo que resulta significativo la contribución a estimar de manera satisfactoria los valores de las

Predicción del crecimiento y rendimiento de *Pinus rudis* Endl. en Ixtlan, Oaxaca

variables. Los criterios considerados para juzgar la calidad del ajuste fueron los mismos que en el caso de la predicción explícita. Así mismo, la proyección del número de árboles por hectárea (N_2) se efectuó considerando la estimación del área basal futura por ha (AB_2) y el diámetro cuadrático promedio futuro del

rodal (DQ_2), correspondientes a la edad de proyección de interés, es decir:

$$N_2 = [AB_2/0.7854(DQ_2/100)^2] \dots (4.12)$$

Donde: DQ_2 y AB_2 son estimados con las ecuaciones (4.9) y (4.10), respectivamente

Cuadro 2. Resumen del análisis estadístico de los modelos ajustados para la predicción implícita del rendimiento de *Pinus rudis* Endl. de Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Oaxaca

MODELO ECUACIÓN OBTENIDA	R ²	CME	F-CALC	CV(%)	n
(4.5) $a = -10.099 - 0.959b + 0.881(DM) + 4.496(DQ)$ EE de "10 099" = 3.3849 Significancia = 0.0037 EE de "0 959" = 0.0050 Significancia = 0.0001 EE de "0 881" = 0.0263 Significancia = 0.0001 EE de "4 496" = 1.1976 Significancia = 0.0003	0.9983	0.4383	16429.47	4.61	90
(4.6) $b = 0.280 + 6.989 \ln(DM) + 10712(1/N) + 0.012(DQ^2) - 1.418[(DM \cdot DQ)/AB]$ EE de "0 280" = 0.0261 Significancia = 0.0001 EE de "6 989" = 0.8765 Significancia = 0.0001 EE de "10712" = 526.85 Significancia = 0.0202 EE de "0 012" = 0.0032 Significancia = 0.0003 EE de "1 418" = 0.3928 Significancia = 0.0005	0.8776	17.3599	157.10	28.91	90
(4.7) $c = -1.823 + 0.123b + 0.001(N) + 0.103[(DM \cdot DQ)/N]$ EE de "1 823" = 0.4004 Significancia = 0.0447 EE de "0 123" = 0.0073 Significancia = 0.0001 EE de "0 001" = 0.0003 Significancia = 0.0004 EE de "0 103" = 0.0152 Significancia = 0.0001	0.8409	0.9171	151.55	22.12	90
(4.8) $DM_2 = 1.171 + 0.921(DM_1) + 1.053 \ln(AB_1) + 6.520(E_1/E_2)$ EE de "1 171" = 0.5631 Significancia = 0.0501 EE de "0 921" = 0.1101 Significancia = 0.0001 EE de "1 053" = 0.1934 Significancia = 0.0306 EE de "6 520" = 1.2466 Significancia = 0.0001	0.9941	1.0983	11200.61	2.66	129
(4.9) $DQ_2 = 0.161 + 0.983(DQ_1) + 0.988 \ln(AB_1) + 7.518(E_1/E_2)$ EE de "0 161" = 0.0221 Significancia = 0.0441 EE de "0 983" = 0.1030 Significancia = 0.0001 EE de "0 988" = 0.1121 Significancia = 0.8635 EE de "7 518" = 1.8635 Significancia = 0.0003	0.9939	1.1163	10919.17	2.61	129
(4.10) $\ln(AB_2) = 1.311 + 0.878(1 - E_1/E_2) + 0.692 \ln(AB_1)$ EE de "1 311" = 0.0719 Significancia = 0.0001 EE de "0 878" = 0.0125 Significancia = 0.0001 EE de "0 692" = 0.0216 Significancia = 0.0001	0.8833	0.0081	239.62	2.08	129
(4.11) $H = 5.680 + 0.536(S) + 489.104(1/N) + 0.015(E) - 96.255(1/CD)$ EE de "5 680" = 0.3389 Significancia = 0.0001 EE de "0 536" = 0.0109 Significancia = 0.0001 EE de "489 104" = 22.562 Significancia = 0.0001 EE de "0 015" = 0.0030 Significancia = 0.0001 EE de "96 255" = 3.6344 Significancia = 0.0001	0.8252	2.0862	1317.53	9.50	129

Donde: a, b y c: Parámetros de posición, escala y forma, respectivamente, de la función Weibull; DM_2 y DQ_2 : Diámetros medio y cuadrático futuros del rodal; AB_2 : Área basal por hectárea futura;
H: Altura promedio del arbolado por categoría diamétrica;
N: Número de árboles por hectárea; las demás variables como se definieron previamente;
EE: Error estándar del estimador cuya estimada aparece entre comillas;
Significancia: Probabilidad de un valor de F mas grande que el calculado

La Figura 1 indica la secuencia para la predicción explícita e implícita, así como corriente y futura del rendimiento de los rodales coetáneos de *Pinus rudis* Endl. de Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Oaxaca. Con esta secuencia es posible preparar tablas de rendimiento maderable para la especie indicada, muestreando el comportamiento estimado de dicha variable por categoría diamétrica, así como el total por hectárea. La corrección de las estimaciones volumétricas

implícitas, con la finalidad de hacerlas compatibles con las predicciones explícitas, se efectúa considerando el siguiente factor de ajuste:

$$\text{FACTOR DE AJUSTE} = VE/VI$$

Donde: VE es la predicción del volumen total por hectárea obtenida explícitamente y VI el correspondiente valor para la predicción implícita.

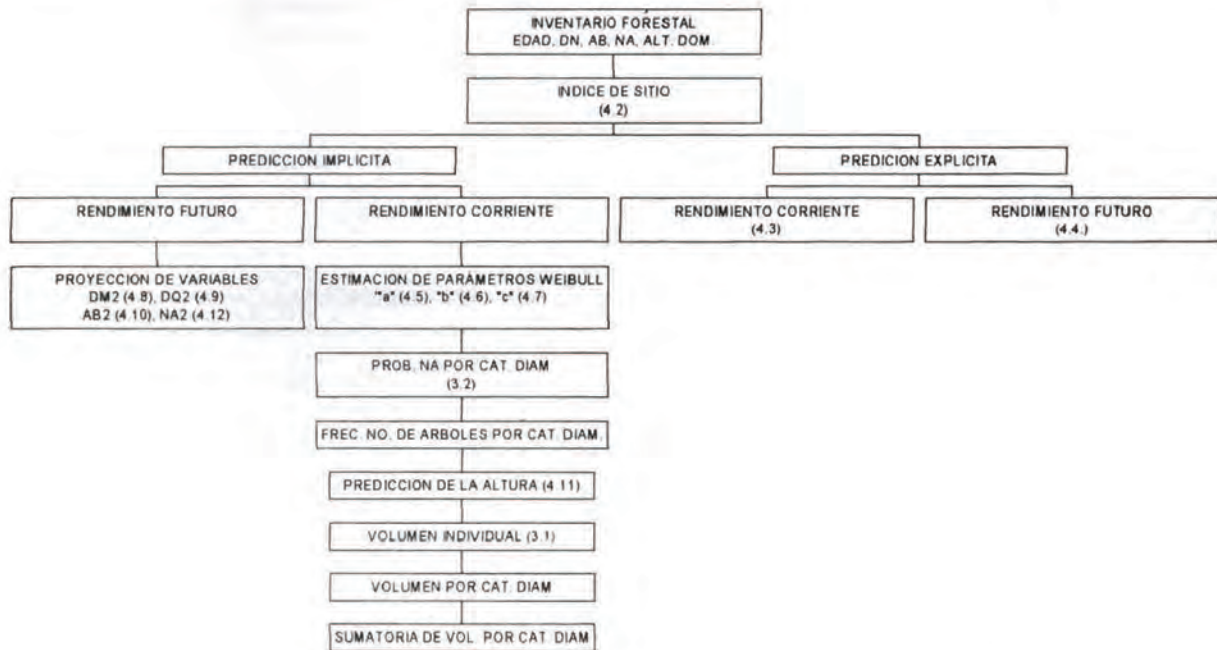


Figura 1. Secuencia para la estimación del rendimiento de rodales coetáneos de *Pinus rudis* Endl. de Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Oaxaca.

CONCLUSIONES

El sistema de ecuaciones generado es una herramienta confiable para el manejo de los rodales coetáneos de *Pinus rudis* Endl. en Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Oax. La combinación de estas ecuaciones, permitirá contar con elementos importantes para la toma de decisiones relacionada con la planificación de la producción forestal a corto y largo plazos. Los modelos de predicción del rendimiento representan tan solo una aproximación de la dinámica de crecimiento del bosque bajo estudio. A través de estos aceptablemente se escribe el comportamiento del rendimiento de los rodales considerados, llegando a explicar del 82 al 99% de la variación total.

REFERENCIAS

- Acosta M., M. 1995. Modelo de crecimiento para *Pinus montezumae* Lamb. en el CEF San Juan Tetla, Puebla. Tesis de Maestría. División de Ciencias forestales. UACH. Chapingo, Méx.
- Avery, T. E. y E.H. BURKHART. 1983. Forest measurements. Third edition. Mac Graw-Hill, New York. 331.
- Clutter, J.L., J.C. Forston, L.V. Pienaar, G.H. Brister and R. L. Bailey. 1963. Timber Management: a quantitative approach. Wiley, New York.
- Curtis, R.O. 1964. A stem-analysis approach to site-index curves. *Forest Science* 10(2):241-251.
- Davis, S.L. y K.N. Johnson. 1987. Forest Management. Third edition. McGraw-Hill. New York.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM.
- Husch, B. 1963. Forest Mensuration and Statistics. Ronald Press, New York.
- Klepac, D. 1983. Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Méx.
- Prodan, M. 1968. Forest Biometrics. Pergamon Press. London.
- Spurr, S. H. 1952. Forest Inventory. Ronald Press, New York.
- Sullivan, A.D. and J.L. Clutter. 1972. A simultaneous growth and yield model for loblolly pine. *Forest Science* 18:76-86.
- Torres R. J.M.; O.S. Magaña; M. Acosta M. 1992. Guía de uso de WEST: programa para estimar parámetros de la función de distribución de probabilidades Weibull. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias.
- Vanclay, J.K. 1994. Modelling forest growth and yield applications to mixed tropical forest. CAB International, Denmark.