

EVALUACIÓN DE LA SALUD FORESTAL EN DOS ÁREAS DE REGENERACIÓN NATURAL DE *Pinus hartwegii*

R.E. González-Medina; D. Cibrián-Tovar; C. Cíntora-González; H. Ramírez-Maldonado
División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. C.P. 56230

RESUMEN

La salud forestal de árboles jóvenes de *Pinus hartwegii* fue comparada en dos Parques Nacionales, Ajusco y Zoquiapan, ambos localizados cerca de la ciudad de México. Las variables relacionadas con el vigor de los árboles fueron monitoreadas en ambas localidades para identificar las más explicativas. Las variables seleccionadas fueron: color de la copa, retención de follaje, condición de la punta, daño del follaje, forma del tronco e infección por muérdago enano. En ambas localidades los árboles tuvieron el mismo diámetro, pero en Zoquiapan fueron más jóvenes y altos que en el Ajusco, las medias respectivas fueron: Zoquiapan, edad 22.27 años y altura 5.2 m; Ajusco, edad 23.52 años y altura 2.8 m. La salud forestal de Zoquiapan fue considerada mejor que en el Ajusco, porque los árboles de la primera localidad mostraron un color verde más natural, tuvieron acículas más largas, punta más aguda, menor cantidad de puntuaciones cloróticas en follaje y mejor conformación del tronco.

PALABRAS CLAVE: Vigor, salud forestal, *Pinus hartwegii*.

EVALUATION OF FOREST HEALTH IN TWO AREAS OF *Pinus hartwegii* REGENERATION

SUMMARY

The health of young *Pinus hartwegii* trees was compared in two national parks: Ajusco and Zoquiapan. Although both are located near Mexico City, Ajusco National Park receives the flow of polluted air after it passes through the big city. The variables related to vigor in both locations were screened to detect those that are more explicative of the conditions of forest health: crown color, needle retention, tree tip condition, needle damage, shape of trunk, and dwarf mistletoe infection. In both locations, the trees were of the same diameter, but the Zoquiapan trees were younger and taller than those of the Ajusco Park. The means for Zoquiapan were age 7.9 years and height 3.75 m, while for Ajusco they were age 10.3 years, and height 2.25 m. The health of the Zoquiapan forest was better than that of the Ajusco forest, because the trees of the former had more natural green foliage, longer needles, sharper tips, less damaged needles, and better trunk shape.

KEY WORDS: Vigor, forest health, *Pinus hartwegii*.

INTRODUCCIÓN

En los alrededores de la Ciudad de México existen bosques naturales; algunos de ellos pasan por un severo proceso de declinación debido al estrés constante al que están sometidos por efecto del acarreo de contaminantes provenientes de la ciudad, la reducción de acuíferos y la falta de manejo del bosque, factores que en conjunto reducen el vigor del arbolado (Cibrián, 1988; Paz, 1989).

El patrón de circulación de los vientos transporta en dirección norte-sur las partículas pesadas y los gases tóxicos producidos por los automotores y las fábricas ubicadas en la ciudad. Los efectos que tienen estos contaminantes, en especial los gases oxidantes, sobre la vegetación se expresan como manchas en el follaje por

rompimiento de tejidos celulares, senescencia prematura, caída y decoloración de las hojas, necrosis foliar, pérdida de biomasa y alteraciones en el crecimiento (Bauer, 1972; Bauer y Hernández, 1986; Cielsa y Macías, 1987; Alvarado, 1989). La reducción del vigor de los bosques naturales, varía en función de su proximidad a la ciudad de México y la intensidad con que actúan estos factores sobre la vegetación.

Las dos áreas de estudio seleccionadas en este trabajo presentan diferente exposición respecto a la Ciudad de México. El Parque Nacional Zoquiapan se localiza al este de la misma, a una altitud de 3 600 msnm, mientras que el Parque Nacional Ajusco esta orientado al sur de la metrópoli alrededor de 3 500 msnm de altura (Blanco *et al.*, 1981; Hernández, 1981). La mayor cercanía del

Ajusco a la ciudad incrementa la depositación de partículas y gases oxidantes sobre los árboles; a este efecto se suma el vandalismo y el empobrecimiento de acuíferos para abastecer de agua a la ciudad. En Zoquiapan, la presión urbana es menor, además de estar favorecida esta localidad por la circulación del viento que lleva pocos contaminantes a la zona. En ambas áreas, el clima es templado frío con lluvias en verano donde prospera el bosque mixto constituido principalmente por los géneros *Abies* y *Pinus*.

Por las condiciones que prevalecen en los dos sitios, respecto a su ubicación e incidencia de contaminantes, en este trabajo se realizó una evaluación de la salud forestal de árboles jóvenes de *Pinus hartwegii*, con el propósito de generar una escala de calificación del mismo, que permitió comparar estadísticamente la salud forestal entre ambas localidades.

REVISIÓN DE LITERATURA

De acuerdo a Mackenzie y El-Ashry (1989), la declinación forestal se ha presentado desde hace cerca de 200 años en diferentes regiones del mundo; como un proceso natural de los bosques, la declinación se puede atribuir a la competencia entre especies, cambios en la temperatura y la precipitación, sucesión de comunidades e invasión de insectos nocivos o enfermedades. Sin embargo, en la actualidad los agentes causales de la declinación forestal, se deben principalmente a los cambios climáticos producidos por las actividades humanas, a la acidificación del suelo, cambios en el uso de la tierra y a las prácticas erróneas en la extracción de recursos naturales, así como a la depositación de contaminantes del ambiente, entre otros.

Los síntomas de la declinación son muy diversos y varían de acuerdo a los agentes causales y las especies forestales; no obstante existen elementos de diagnóstico comunes en la vegetación. Estos criterios de diagnóstico se basan en características fisonómicas de los árboles que han demostrado ser indicadores de la salud forestal (Chesnut y Rowe, 1989; Manion, 1991; Lewis y Conkling, 1994; ITFM, 1994; CFS, 1996; USDA, 1996).

La evaluación y el diagnóstico de la salud forestal incluyen el análisis de estas características fisonómicas asociadas a los componentes del ambiente, como son el suelo, la temperatura, los patrones de circulación del viento y la identificación de los agentes causales que pueden alterar la composición de especies de la comunidad y predisponer a la vegetación a un proceso de declinación.

Desde hace algunos años, en Europa y Norteamérica, se están efectuando estudios de monitoreo ambiental en bosques templados para diagnosticar la calidad ambiental e identificar los posibles factores de disturbio, así como los mecanismos que participan en el proceso de

declinación forestal; en estos trabajos se establecen metodologías para evaluar la salud forestal y métodos para revertir los procesos de deterioro que atraviesan los bosques. En México, las investigaciones sobre salud forestal son muy recientes, y hasta el momento sólo se han realizado en zonas próximas a la Ciudad de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

En cada área de estudio se seleccionaron 10 rodales de 1/10 ha con árboles de *Pinus hartwegii* de regeneración natural. Los rodales se ubicaron en zonas con pendiente cero dentro de un gradiente altitudinal de 3 250 a 3 380 msnm. Todos los árboles de 1 a 8 m de altura, que se encontraron dentro de cada rodal fueron numerados; a cada uno de ellos se les midió la altura y el diámetro normal, además de que se le tomaron muestras de follaje de las ramas y el brote terminal. Los sitios fueron visitados periódicamente para valorar el color, la retención de follaje, el estado de la punta, el daño en el fuste, la presencia de callos y la infestación de muérdago enano. La evaluación se basó en una escala ordinal con un máximo de 7 clases que expresaba el grado de vigor del árbol calificado (el valor cero era para los árboles más vigorosos y el 6 para los moribundos, los valores intermedios de vigor se distribuyeron en las clases de 1 a 5). El grado de infestación de muérdago se evaluó con el sistema de calificación de seis clases de Hawksworth, (1977). El color se calificó con una tabla de colores diseñada para este propósito, la cual se basó en la guía de color PANTONE 1996. Dicha tabla consta de una serie de catorce tarjetas que agrupan cuatro categorías de color de follaje, de acuerdo a la siguiente clasificación: follaje verde intenso, follaje verde seco, follaje verde amarillo y follaje naranja/marrón. Para calificar el estado de vigor de cada árbol, por el color de sus hojas, se creó una escala de evaluación ordinal de cero a seis; en esta escala el valor más bajo correspondió a los árboles con mejor color en sus hojas, mientras que el valor más alto fue asignado a los árboles con follaje ocre, de acuerdo al siguiente procedimiento.

En las tarjetas de colores, cada grupo de colores tiene un valor mínimo de cero y un máximo de dos. A los colores más nítidos, que se encuentran frecuentemente en el follaje de los árboles sanos, se les dio el valor de cero (tarjetas de color de follaje verde intenso). Al grupo de tarjetas de follaje verde seco y verde amarillo, que incluye árboles sanos o con alguna leve disminución de su vigor, se le asignó el valor de cero o uno; dentro de este grupo de tarjetas, los colores más oscuros fueron considerados como representativos de un follaje más sano, asignándoles el valor más bajo de la escala: cero; mientras que a los colores más claros les correspondió el valor de uno, por considerar que los árboles con follaje de este tipo presentan una reducción de su vigor. En las tarjetas de follaje naranja o marrón, el valor numérico que se otorgó a cada color fue dos, que representa una mayor pérdida de vigor.

Finalmente, al calificar el color de un árbol, primero se evaluó independientemente cada tercio del mismo; como criterio de calificación se consideró, en cada tercio de la copa, el color dominante en más del 50% del follaje. En el juego de tarjetas se identificaba a que grupo de color pertenecía el color del follaje observado (verde intenso, verde seco, verde amarillo o naranja/marrón); posteriormente se asignaba el valor numérico que correspondía a ese color (valor de cero a dos); de esta forma, el mínimo valor que podía tomar cada tercio de la copa era de cero y el máximo de dos. Al final del proceso se sumaban las tres calificaciones de la copa para obtener una evaluación final (en escala de cero a seis) del vigor del árbol basada en el color de su follaje.

Para el daño foliar se creó una escala que califica el porcentaje de manchas cloróticas a lo largo de la acícula, la escala reconoce seis tipos de daño en las hojas; los valores más bajos (cero y uno) corresponden a las hojas con escaso moteado clorótico; las siguientes categorías (dos y tres) describen un daño medio del follaje, mientras que los valores más altos (cuatro y cinco) identifican al follaje severamente dañado. La retención de follaje fue estimada contando el número de años en que el árbol conserva su follaje usando una escala de cero a tres, el valor más bajo correspondió a árboles con hojas de dos o tres años en más del 50% de la copa, mientras que los árboles con el 25% de su follaje (o menos) y hojas del presente año se les asignó el valor más alto de la escala; los valores intermedios de la escala (uno y dos) correspondieron a árboles con el 25% al 50% de sus hojas y follaje de dos años y un año, respectivamente. Por otra parte, las hojas muestreadas fueron medidas para obtener un promedio del largo de las mismas. De una submuestra de 40 árboles por localidad, se extrajeron virutas de madera con el taladro de Pressler para estimar la edad, la altura de cada árbol fue medida con pistola Haga; con los resultados se estimó la edad y la altura promedio de los árboles de ambos sitios.

Todas las variables se sometieron a selección con el programa SCREEN (Hamilton, D.A. y D.L. Wendt 1975; Hamilton, D.A. y B.M. Edwards 1977; Hamilton D.A. 1988), que permite elegir a las variables más significativas al 95% de confianza. Las variables seleccionadas por el programa, se analizaron con la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney (Steel R.G. y J.H. Torrie 1981), para determinar si existían diferencias estadísticas entre localidades; este análisis se efectuó con el procedimiento Nparway de SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al final del trabajo de campo se obtuvo una muestra total de 1985 árboles, de los cuales 1118 corresponden al Ajusco y 867 a Zoquiapan. Las variables seleccionadas como predictoras del vigor, fueron: *color de follaje de la copa, forma de punta, daño en la acícula, forma del fuste, infección por muérdago y retención de follaje.* A

continuación se presenta una comparación de las frecuencias encontradas en cada localidad.

Respecto al color del follaje, la mayoría del arbolado de Zoquiapan presentó una copa de color más vigoroso que en Ajusco. En general, el follaje de Zoquiapan se ubicó en la gama del verde intenso al limón, mientras que en Ajusco el follaje se caracterizó por tonos más amarillos que variaron del verde claro al naranja (Figura 1).

Figura 1. Frecuencia de observaciones por color del follaje en cada área de estudio.

La forma de la punta fue mejor en Zoquiapan que en Ajusco, donde también se observaron con mayor frecuencia lesiones en el fuste y en el follaje de los árboles de la muestra, así como una menor retención de follaje. En general, los árboles de Zoquiapan presentaron mejor conformación del fuste, mientras que en el Ajusco se observaron más frecuentemente árboles con fuste deformado. En las siguientes figuras se muestran estos resultados.

Figura 2. Formas de punta más frecuentes en las dos localidades.

de árboles con fuste bifurcado o polifurcado, los cuales representan el 60.0% de las observaciones de la muestra; mientras que en Zoquiapan esta característica se encontró solamente en el 20.0% de los árboles.

Además de este resultado, se encontró que en el Ajusco, los árboles tienen con mayor frecuencia lesiones en el follaje y una mayor incidencia de daño en la punta, lo que produce que los árboles de esta localidad presenten un menor crecimiento en altura con respecto a Zoquiapan.

Ambos resultados indican la existencia de uno o más factores que inducen el daño e incluso la muerte de los brotes de terminales, ocasionando la deformación de los árboles y la subsecuente disminución de su vigor, la cual se observa en el color de su follaje, la disminución del crecimiento, la senescencia prematura del follaje o los manchados cloróticos de las hojas, entre otros (Mackenzie y El-Ashry, 1989). Entre estos factores podrían encontrarse las características del sitio (deficiencias nutricionales, lixiviación, compactación del suelo) o los efectos de los contaminantes, además de las presiones a las que se ve sometida la zona por la disminución de acuíferos, la tala clandestina y las prácticas silvícolas inapropiadas.

Por otra parte, el análisis de la edad de la submuestra de 80 árboles mostró que en Zoquiapan los árboles son ligeramente más jóvenes y de mayor talla que en el Ajusco. La altura promedio de los árboles de Zoquiapan es de 5.2 m a los que correspondió una edad media de 22.27 años, mientras que en Ajusco estos promedios fueron de 2.8 m y 23.52 años, respectivamente. Estos resultados se muestran en el Cuadro 1.

Figura 3. Frecuencia de lesiones observadas en las hojas de la muestra.

Figura 4. Clases de daño en el fuste registrado en las dos áreas de estudio.

CUADRO 1. Edad y altura promedio de los árboles analizados.

EDADES Y ALTURA PROMEDIO OBTENIDAS EN UNA SUBMUESTRA DE 40 ÁRBOLES DE CADA LOCALIDAD				
AJUSCO			ZOQUIAPAN	
Edad	Frecuencia	Altura promedio (metros)	Frecuencia	Altura promedio (metros)
17	2	2.2	3	5.6
18	1	2.2	4	4
19	8	2.5	5	2.5
20	2	2	0	-
21	5	2.8	5	5.7
22	2	2.4	6	4.9
23	3	2.9	4	5.6
24	5	2.2	5	6.4
25	2	3.6	1	7
26	0	-	1	5
26	0	-	2	6.3
27	1	2.9	0	-
28	3	2.5	2	6
29	1	4.5	0	-
30	1	1.7	0	-
31	0	-	1	9
32	2	3.6	0	-
34	1	6	1	5
41	1	6.4	0	0
Total 40 árboles		<i>Altura promedio = 2.8 m</i>		<i>Altura promedio = 5.2 m</i>
		<i>Edad promedio = 23.52 años</i>		<i>Edad promedio = 22.27 años</i>

Figura 5. Retención de acículas por localidad.

De los resultados anteriores, se desprende que los árboles de Zoquiapan se encuentran en una mejor condición sanitaria con respecto a los árboles del Ajusco, en esta última localidad se observó una mayor frecuencia

CONCLUSIONES

Al realizar la comparación estadística entre las dos localidades, se utilizó la prueba de U de Mann-Whitney con el valor del estadístico del p-ésimo cuantil (W_p):

Para probar el juego de hipótesis:

$$W_p = \frac{n(N+1)}{2} + \left(x_p \sqrt{\frac{n_1 n_2}{12} (N+1)} \right)$$

Ho: La variable (color) es igual en ambas localidades
vs Ha: La variable es diferente entre las localidades

De acuerdo a la regla de decisión:

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si } |T^0| > W_p$$

Donde T^0 es el estadístico de prueba, el cual se define como:

$$T^0 = \frac{1}{S^2} \left(\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - \frac{N(N+1)^2}{4} \right)$$

En este caso, $N = \sum n_i$ representa el número total de observaciones, donde n_j es el número de observaciones de la i -ésima muestra desde $i=1 \dots k$, y R_i es la suma de rangos de la j -ésima muestra.

El análisis anterior, a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, mostró que existen diferencias estadísticas entre las dos áreas de estudio para las siguientes variables de vigor: *color del follaje, condición de la punta, daño en la acícula, forma del fuste e infección por muérdago*; para la variable *retención de follaje* no se encontró diferencia significativa entre ambas localidades. Estos resultados se muestran en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Comparación entre el vigor de las localidades (a un nivel del 95% de confianza) para las variables seleccionadas por SCREEN.

PRUEBA U DE MAN-WHITNEY COMPARACION ENTRE LOCALIDADES			
Variable	$\hat{\alpha}$	Estadístico T^0	Decisión
Retención de follaje	0.1180	-1.56327	No rechazar Ho
Forma de la punta	0.0001	-6.47989	rechazar Ho
Color del follaje	0.0001	-17.1292	rechazar Ho
Forma del fuste	0.0001	-17.6872	rechazar Ho
Infección por muérdago	0.0001	15.1923	rechazar Ho
Daño en el follaje	0.0001	-9.26416	rechazar Ho

En términos generales, se concluyó que en Zoquiapan los árboles presentan mejor condición sanitaria, de acuerdo al color de su follaje, la condición de la punta, la incidencia de daño foliar y la conformación del fuste; mientras que los árboles del Ajusco, manifiestan una menor salud forestal. La afirmación anterior se basa en las siguientes conclusiones.

1. Para las variables *color de follaje, forma de la punta, daño en las hojas y conformación del fuste* se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre ambas localidades.
2. En Zoquiapan el 9.9% de los árboles presentó follaje de color verde intenso; en contraste, en Ajusco solo el 2.2% de la muestra tuvo esta clase de color. En Zoquiapan predominaron árboles con follaje verde claro en el 33.8% de la muestra, mientras que en Ajusco dominó el color verde amarillo en el 37.2% de los árboles. El color difirió significativamente entre ambos sitios.
3. El daño en las hojas fue estadísticamente diferente en cada sitio, las lesiones más frecuentes fueron de intensidad media en el 47.4% de los árboles de Zoquiapan y en el 41.4% de los árboles de Ajusco. El daño más severo afectó al 0.1% y al 0.9% de la muestra de Zoquiapan y Ajusco respectivamente.
4. En Zoquiapan el 75.0% de los árboles tuvo punta en crecimiento, con respecto al Ajusco donde se presentó esta característica en el 60.9% de la muestra. Por otro parte, se apreció un mayor crecimiento de los árboles en Zoquiapan asociado a una mejor conformación del fuste y a una menor incidencia de daño foliar.
5. Ambas localidades difirieron estadísticamente entre sí respecto a la conformación del fuste. En Zoquiapan, los fustes bifurcados y polifurcados se encontraron en el 19.8% de la muestra, mientras que en Ajusco el 60.1% de los árboles presentó esta característica.
6. En general los árboles fueron más altos en Zoquiapan, donde el promedio de altura fue de 5.2m en Zoquiapan, mientras que en Ajusco los árboles fueron de menor talla con un promedio de 2.8m de altura.
7. Respecto al muérdago enano, se encontró que existe una asociación entre la infección por esta planta y la forma del fuste. En Zoquiapan esta planta parásita es uno de los factores que más afecta al arbolado, mientras que en Ajusco no representa un grave problema.
8. La retención de follaje fue muy similar en las dos áreas de estudio y no se encontró que hubiera una diferencia estadística entre ambas áreas de estudio. Los árboles que conservaron del 50% al 75% de sus hojas fue de 50% en Zoquiapan y del 53.8% en Ajusco.

co. Respecto a esta variable, existió confusión en la escala de evaluación debido a que se combinaron dos criterios fisonómicos (número de años de permanencia del follaje y transparencia de la copa) para calificar a cada árbol. Del resultado anterior se concluyó que para estimar la retención del follaje es más conveniente considerar únicamente el número de años en que el árbol conserva sus hojas a fin de evitar ambigüedades en la interpretación.

LITERATURA CITADA

- ALVARADO ROSALES, D. 1989. Declinación y muerte del bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del valle de México. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- BAUER, L.I. 1972. Uso de plantas indicadoras de aeropolutos en la ciudad de México. *Agrociencia* 9: 139-141. México.
- BAUER, L.I.; HERNÁNDEZ, T. 1986. Contaminación: una amenaza para la vegetación en México. Colegio de Postgraduados. Centro de Fitopatología, Montecillo, México.
- BLANCO, Z.S.; CEBALLOS G., G.; GALINDO L., C.; MASS M., J.M.; PATRON S., R.; PESCADOR, A.; SUARES G., A.I. 1981. Ecología de la Estación Experimental Forestal Zoquiapan. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 115 p.
- CFS. 1996. Forest biodiversity network. Natural Resource Canada. Canadian Forest Service Science and Technology Networks, November. 7 p.
- CIBRIÁN TOVAR, D. 1988. Air pollution and forest decline near Mexico city. *Environmental Monitoring and assesment* 12: 49-58.
- CIELSA, W.M.; MACIAS E., S. 1987. Desierto de los Leones. A forest in crisis. *American Forest*, November/December. 5 p.
- CHESNUT, L.G.; ROWE, R.D. 1989. Economic measures of the impacts of air pollution on health and visibility. In: *Air pollution's toll on forest and crops*. Mackenzie, J.J. y El-Ashry M. (eds.) Yale Press University, New Haven and London.
- HAMILTON, D.A.; WENDT, D.L.R. 1975. SCREEN: a computer program to identify predictors of dichotomous dependent variables. USDA For. Ser. Gen. Tech. Rep. INT-22, Intermtm. For. Range Exp. Stn. Ogden, Utha. 20 p.
- HAMILTON, D.A.; EDWARDS, B.M. 1976. Modeling the probability of individual tree mortality. USDA For. Ser. Res. Pap. INT--185. Inter Mtn. For. Range Exp. Stn. Ogden, Utha. 22 p.
- HAMILTON, D.A. 1988. SCREEN (F): A FORTRAN77 program to identify predictors of dichotomous dependent variables. USDA For. Ser. Inter Mtn. For. Range Exp. Stn. Res. Note INT-383 Ogden, Utha. 4 p.
- HAWKSWORTH, F.G. 1977. The 6 class dwarf mistletoe rating system. USDA. FS.RM-48.
- HÉRNANDEZ T., T. 1981. Reconocimiento y evaluación del daño por gases oxidantes en pinos y avena del Ajusco, D.F.; Tesis. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- ITFM. 1994. Water quality monitoring in the United States. Technical Appendixes. 1993 Report of the intergovernmental task force on monitoring water quality. U.S. Geological Survey. Water Data Coordination, Reston, VA.
- LEWIS, T.E.; CONKLING, B.L. (eds). 1994. Forest health monitoring. Southeast loblolly/shortleaf pine demonstration interim report. EPA/620/R-94/006. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- MACKENZIE, J.J.; EL-ASHRY M. 1989. Tree and crop injury: a summary of the evidence. En: *Air pollution's toll on forest and crops*. (Mackenzie, J.J. y El-Ashry M. Eds.) Yale Press University, New Haven and London.
- MANION, P.D. 1991. Tree disease concepts. 2nd ed. Prentice Hall.
- STEEL R., G.; TORRIE, J.H. 1981. Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. 2nd ed. International Student Edition, McGraw Hill International Book Company.
- USDA. 1996. California Forest Health: in 1994 and 1995. USDA. Forest Service. Pacific Southwest Region. R5-FPM-PR-002, December.