

LAS REFORESTACIONES EN MÉXICO

PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN



JOSÉ ÁNGEL PRIETO RUÍZ
JOSÉ RODOLFO GOCHE TÉLLES
Compiladores



COLECCIÓN DE INVESTIGADORES DE LA UJED



LAS REFORESTACIONES EN MÉXICO
PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN





LAS REFORESTACIONES EN MÉXICO
PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN



Universidad Juárez
del Estado de Durango

Administración Central de la UJED

C. C. P. Y M. I. OSCAR ERASMO NÁVAR GARCÍA
RECTOR DE LA UJED

DR. JOSÉ ANTONIO HERRERA DÍAZ
SECRETARIO GENERAL DE LA UJED

C. P. MANUEL GUTIÉRREZ CORRAL
ADMINISTRADOR GENERAL DE LA UJED

L. A. JESÚS JOB REZA LUNA
TESORERO GENERAL

DR. ALFONSO GUTIÉRREZ ROCHA
DIRECTOR DE SERVICIOS ESCOLARES

LIC. JACINTO TOCA RAMÍREZ
DIRECTOR DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO ACADÉMICO

LIC. PEDRO DE LA CRUZ ÁLVAREZ
DIRECTOR DE VINCULACIÓN Y DESARROLLO EMPRESARIAL

C.P. MANUEL DE JESÚS MARTÍNEZ AGUILAR
DIRECTOR DE DESARROLLO Y GESTIÓN DE RECURSOS
HUMANOS

LIC. ALMA PATRICIA PIÑA GRISSMAN
DIRECTORA DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

ING. CORÍN MARTÍNEZ
DIRECTORA DE DIFUSIÓN CULTURAL

C.P. Y LIC. ELEAZAR RAMOS VARELA
CONTRALOR GENERAL

MD. MARTHA OFELIA NUÑEZ ÁLVAREZ
ABOGADA GENERAL DE LA UJED

M. C. MARTHA ELIA MUÑOZ MARTÍNEZ
COORDINADOR INSTITUCIONAL DE POSGRADO
DE LA UJED

L. C. ROLANDO RAMÍREZ MCLEAN
DIRECTOR DE COMUNICACIÓN SOCIAL Y TV UJED

LIC. GAMALIEL OCHOA SERRANO
COORDINADOR DE LIBRERÍA Y EDITORIAL UJED

M.A. EUSEBIO MONTIEL ANTUNA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



CIENCIAS FORESTALES

M.A. EUSEBIO MONTIEL ANTUNA
DIRECTOR

DR. RAÚL SOLIS MORENO
SECRETARIO ACADÉMICO

C.P. MARIA CRISTINA IBARRA LEYVA
SECRETARIO ADMINISTRATIVO

DR. MIGUEL ÁNGEL PULGARÍN GAMIZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Título: LAS REFORESTACIONES EN MÉXICO: PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

Primera Edición: **2016.**

Diseño de Portada: **Víctor Manuel Rodríguez Guerrero.**

Ilustración en Portada: **Cinthya Yareli Castañeda Prieto**

Diseño de Interiores: **Víctor Manuel Rodríguez Guerrero.**

© **D.R.: José Ángel Prieto Ruíz, José Rodolfo Goche Télles**

© **D.R.:** De esta edición, Editorial de la Universidad.

Juárez del Estado de Durango.

Constitución 404 sur. Zona Centro.

C.P. 34000

Durango, Dgo. México 2016.

ISBN: 978-607-503-186-6

editorialujed@ujed.mx



CONTENIDO

PRÓLOGO	11
----------------	-----------

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES SOBRE LA REFORESTACIÓN EN MÉXICO	13
--	-----------

José Ángel Prieto Ruíz

Arnulfo Aldrete

José Ricardo Sánchez Velázquez

José Ciro Hernández Díaz

1.1 Importancia de los recursos forestales	14
--	----

1.2 Deforestación y degradación forestal	15
--	----

1.3 Acciones de reforestación	17
-------------------------------	----

1.4 Evaluación de plantaciones forestales en México	19
---	----

Referencias bibliográficas	23
----------------------------	----

CAPÍTULO II

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SUPERVIVENCIA Y

CRECIMIENTO DE LAS REFORESTACIONES	27
---	-----------

José Ángel Prieto Ruíz

José Ciro Hernández Díaz

José Rodolfo Goche Télles

Jesús Miguel Olivas García

Javier Hernández Salas

Concepción Luján Álvarez

Christian Anton Wehenkel

Arnulfo Aldrete

2.1 Selección de especies	28
2.2 Origen y calidad de la semilla	28
2.2.1 Importancia del origen de la semilla	28
2.2.2 Calidad del germoplasma según su origen	29
2.3 Calidad de planta	30
2.4 Preparación del sitio de plantación	36
2.5 Distribución de la planta	37
2.5.1 Sistemático o regular	38
2.5.2 Aleatorio o irregular	38
2.6 Densidad de plantación	40
2.7 Época de plantación	42
2.8 Cuidados y mantenimiento	44
2.8.1 Cajeteo	44
2.8.2 Cercado	44
2.8.3 Fertilización	44
2.8.4 Control de malezas	44
2.9 Monitoreo y evaluación	44
2.9.1 Monitoreo	44
2.9.2 Diseños de muestreo	45
2.9.3 Forma y tamaño de los sitios	45
2.9.4 Tamaños de la muestra y unidades de muestreo	46
2.9.5 Evaluaciones en plantaciones con especies tropicales	48
2.10 El factor social y su relación con las reforestaciones	49
Referencias bibliográficas	51

CAPÍTULO III

CAUSAS DE MORTALIDAD DE LAS REFORESTACIONES Y

PROPUESTAS DE MEJORA

55

José Ángel Prieto Ruíz

Arnulfo Aldrete

José Ciro Hernández Díaz

José Rodolfo Goche Télles

3.1 Causas de mortalidad en las reforestaciones	56
3.2 Propuestas para reducir la mortalidad	57
3.2.1 Sequía	58

3.2.2 Fecha inadecuada de plantación	58
3.2.3 Planta de baja calidad	59
3.2.4 Competencia con vegetación	60
3.2.5 Pastoreo	60
3.2.6 Plantado de especies y/o procedencias inapropiadas al sitio	60
3.2.7 Fauna nociva	61
3.2.8 Heladas	61
3.2.9 Incendios	61
3.2.10 Técnicas inadecuadas de preparación del terreno	62
3.2.11 Técnicas inadecuadas al plantar	62
3.2.12 Exceso de humedad	63
3.2.13 Plagas o enfermedades	63
3.2.14 Vandalismo	63
3.2.15 Falta de educación y compromiso	64
Referencias bibliográficas	65

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y AMENAZAS

67

José Ángel Prieto Ruíz

José Ciro Hernández Díaz

Arnulfo Aldrete

José Rodolfo Goche Télles

Christian Wehenkel

4.1 Fortalezas	68
4.2 Debilidades	69
4.3 Amenazas	70
4.4 Oportunidades	71
4.5 Recomendaciones	72
Referencias bibliográficas	75

AGRADECIMIENTOS

77

DEDICATORIA

79



LAS REFORESTACIONES EN MÉXICO
PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

PRÓLOGO

Para contrarrestar los efectos adversos en las áreas forestales de México, ocasionados por la deforestación, año con año se realizan diversas obras de conservación de suelo y agua, así como de reforestación. Pese a que en muchas de las acciones realizadas existen resultados positivos, continúa el deterioro a los recursos forestales y las tasas de supervivencia al año de reforestado son menores al 55%.

Diversas causas han propiciado que las reforestaciones realizadas en el pasado hayan tenido resultados insatisfactorios; aunque, algunas de ellas se deben a situaciones adversas en las condiciones climáticas, edáficas y fisiográficas de los sitios de reforestación, sin duda el factor cultural y educacional de los seres humanos, han sido elementos importantes, que deben ser considerados para mejorar esta situación.

Pese a que a través del tiempo se han tenido avances importantes en la solución de la problemática de las reforestaciones, es necesario avanzar y capitalizar la experiencia acumulada a través del tiempo. De las experiencias vividas por los diversos actores relacionados con los programas de restauración y reforestación, que ha impulsado el gobierno federal, a través de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), muchas están documentadas en evaluaciones que se han realizado en los últimos 10 años por diversas instituciones de enseñanza e investigación. Además, existen otras experiencias generadas por prestadores de servicios técnicos, investigadores y académicos, entre otros.

Sin embargo, mucha de esa información está dispersa y en ocasiones ha tenido poca difusión. Por ello, en esta publicación se recopilan experiencias generadas sobre reforestación y proponen alternativas de solución, de manera que los actores involucrados puedan utilizarlas como elementos de ayuda para favorecer esta actividad.

M.C. Manuel Aguilera Rodríguez



LAS REFORESTACIONES EN MÉXICO
PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN



ANTECEDENTES SOBRE LA REFORESTACIÓN EN MÉXICO

José Ángel Prieto Ruíz¹
Arnulfo Aldrete²
José Ricardo Sánchez Velázquez²
José Ciro Hernández Díaz³

¹Facultad de Ciencias Forestales.
Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo.
jprieto@ujed.mx

²Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
aaldrete@colpos.mx; jrsv01@gmail.com

³Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera.
Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo.
jciroh@ujed.mx



1.1 Importancia de los recursos forestales

En el mundo existen cerca de 4,000 millones de hectáreas cubiertas por bosques, que corresponde al 31% de la superficie terrestre. La mayor riqueza forestal se encuentra concentrada en cinco Países, que en conjunto abarcan más del 50% de los bosques. Se estima que actualmente existen más de 50,000 especies arbóreas; de éstas, alrededor de 1,000 se utilizan para satisfacer las necesidades de bienes y servicios de los seres humanos (FAO, 2011).

Los países que ocupan la mayor superficie forestal mundial, en millones de hectáreas, son: Federación de Rusia (809), Brasil (520), Canadá (310), Estados Unidos de América (304) y China (207). Por otro lado, 10 países carecen de área boscosa y 54 tienen bosques en menos del 10% de su área total. En 2010 los bosques de la región de América del Norte ocupaban el 34% de su superficie territorial, lo que equivale al 17% de los bosques en el mundo; esto fue ligeramente mayor a 1990 (FAO, 2011).

México cuenta con 138 millones de hectáreas con vegetación forestal, equivalente al 70% del territorio nacional (Secretaría de Gobernación, 2014). Por su ubicación geográfica y condiciones orográficas, existe una gama vasta de ecosistemas forestales, que van desde selvas bajas en el trópico seco, selvas altas en las zonas tropicales más húmedas, bosques de clima templado y de clima frío (ubicados en las partes altas de las montañas), vegetación hidrófila e inducida, así como matorrales y pastizales, los cuales dan cabida a una enorme variedad de ambientes y grupos biológicos (SEMARNAT-CONAFOR, 2012).

Los principales ecosistemas que componen esta superficie son matorrales xerófilos (41.2%), bosques templados (24.2%), selvas (21.7%), manglares y otros tipos de asociaciones de vegetación forestal (1.1%) y otras áreas forestales (11.8%) (Secretaría de Gobernación, 2014), por lo cual se reconoce como un país con vocación forestal.

De entre los 17 países denominados megadiversos, México se ubica en cuarto lugar a nivel mundial en biodiversidad y endemismo (Mittermeir *et al.*, 1998), que conjuntamente albergan cerca del 70% de las especies conocidas en la Tierra (Secretaría de Gobernación, 2014). Esta diversidad se distribuye en trece grandes tipos de vegetación (FAO, 2011).

Sin embargo, diversos factores han influido en la deforestación y degradación de los ecosistemas forestales, entre los que destacan el cambio de uso de suelo, manejo silvícola inapropiado (extracción selectiva de especies de valor comercial, cortas de regeneración sin protección y sin manejo posterior), sobrepastoreo, plagas, enfermedades, quemas agrícolas deficientes, incendios forestales, actividades antropogénicas y agentes naturales.



1.2 Deforestación y degradación forestal

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) define la deforestación como *“la pérdida de la vegetación forestal, por causas inducidas o naturales, mientras que degradación forestal se refiere al proceso de disminución de la capacidad de los ecosistemas forestales para brindar servicios ambientales, así como capacidad productiva”* (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2016). Los principales problemas que tienen los ecosistemas forestales son los fuertes procesos de deforestación y degradación, los cuales reducen su superficie y afectan los procesos fisiológicos y biogeoquímicos, alterando el equilibrio de manera sustancial.

Desde 1926, con la promulgación de la primera Ley Forestal, ya se reconocía el problema de la sobreutilización de los recursos forestales, con sus consecuentes repercusiones en la pérdida de cobertura forestal, lo que obligó a gestar las primeras acciones para revertir tales procesos. Así, se reconoció la importancia de los ecosistemas forestales en el control de la erosión de suelos, en la protección de cuencas hidrológicas y la captación de agua (Cedeño y Pérez, 2005). En años posteriores los procesos de alteración se fueron acrecentando, lo que motivó el incremento y fortalecimiento regulatorio en legislaciones posteriores, así como la definición de acciones específicas para atender dicha problemática.

Es hasta el primer inventario forestal de cobertura nacional, iniciado en los años sesenta (CONAFOR, 2016), que por primera vez se cuantifica la magnitud de los recursos forestales en términos de superficie y existencias por tipo de vegetación, lo cual a su vez, permite contar con una herramienta para conocer las afectaciones y pérdidas por la deforestación.

Para cuantificar la deforestación a nivel nacional para una fecha o periodo específico, a lo largo del tiempo han existido diversos intentos, principalmente de instancias gubernamentales y de investigación, lo que ha generado una nutrida cantidad de cifras, mismas que van desde los cientos de miles de hectáreas, hasta aquellas que superan el millón. Así, han existido cifras extremas desde 242,000 ha por año¹ (CCMSS, 2006) hasta de 1.5 millones de hectárea por año² (Toledo *et al.*, 1989).

Desgraciadamente, en la búsqueda por resolver otra problemática han existido políticas públicas promotoras de la deforestación. Por ejemplo, entre 1972 y 1977, con la creación de la Comisión Nacional de Desmontes se cortaron más de 400,000 ha de selva húmeda (Toledo *et al.*, 1985). Durante esa misma década, el Plan Nacional Ganadero reactivó la agricultura a través de la canali-

1 Inventario Forestal Periódico.

2 Calculado con base en las cifras oficiales sobre incremento de la superficie agrícola y pecuaria del país.



zación de inversiones al sector campesino; ello ocasionó que la selva húmeda y subhúmeda, las tierras de cultivo y la agricultura tradicional, perdieran terreno ante la expansión de los potreros, como consecuencia la erosión aumentó en la zona tropical de México (Barrera-Bassols, 1995).

En la actualidad, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) es la instancia oficial que mide el nivel de deforestación en México, con las cifras y procesos metodológicos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Mediante un análisis de la dinámica de cambio de los recursos forestales, con información de las Cartas de Uso de Suelo y Vegetación (Series II V3 (R), III y IV) del INEGI, para el Informe Nacional de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010, se estimó que en el periodo 2000 a 2005 la deforestación neta anual³ fue de 235,000 ha por año, en tanto que para el periodo 2005 a 2010 fue de 155,000 ha por año, de las cuales 9,000 ha correspondieron a bosques templados y 146,000 ha a selvas (Secretaría de Gobernación, 2014).

Con la finalidad de disminuir efectos adversos, la CONAFOR ha implementado acciones de apoyo al sector forestal; además, promueve el aumento de la productividad de los bosques, mediante la conservación del suelo, sanidad forestal y la reforestación de áreas prioritarias (Garza *et al.*, 2011).

La conservación, restauración y manejo sustentable de los bosques, permiten mantener la biodiversidad, evitan la extinción de especies, disminuyen la alteración de ciclos hidrológicos; además, generan bienes y servicios ambientales (CONAFOR, 2010). Para disminuir la sobreexplotación que existe en los ecosistemas, en los últimos 23 años se han efectuado reforestaciones y plantaciones forestales comerciales con especies nativas y exóticas; además, se ha fomentado el desarrollo social, económico y la preservación de los bosques naturales (Martínez y Prieto, 2011) (Figura 1).

3 El Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) define deforestación neta como: Suma de todos los cambios de la superficie forestal en un periodo específico de tiempo (incluidas las reducciones debidas a la deforestación y los desastres, y el aumento debido a la forestación y la expansión de los bosques durante el periodo. Información tomada del documento Forest losses and gains: where do we stand? Consultado en: <http://www.unep.org/vitalforest/Report/VFG-02-Forest-losses-and-gains.pdf>.





Figura 1. Aspecto de una zona de bosque en la Sierra Madre Occidental.

Si se desea que los servicios ambientales que ofrecen los diferentes ecosistemas se sigan manteniendo en cantidad y calidad, sin que disminuya la biodiversidad, es necesario implementar acciones preventivas y de manejo apropiadas. Un ejemplo de éstos son los manglares, que son espacios de transición de los ecosistemas terrestres y marinos, que constituyen el sustento de importantes actividades económicas cuando se encuentran en buen estado de conservación (Secretaría de Gobernación, 2014).

1.3 Acciones de reforestación

La reforestación es definida en la LGDFS como *“el establecimiento inducido de vegetación forestal en terrenos forestales”*, mientras que la forestación se refiere *“al establecimiento y desarrollo de vegetación forestal en terrenos preferentemente forestales o temporalmente forestales con propósitos de conservación, restauración o producción comercial”* (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2016).

En la búsqueda por revertir los procesos de deforestación y pérdida de los ecosistemas forestales, las obras de conservación de suelo y agua, así como la reforestación son las prácticas más utilizadas nivel mundial. En México se tienen registros de estas acciones desde la época de la pre conquista, con trabajos



desarrollados por el Rey Nezahualcóyotl, a quien se le atribuye haber instruido la plantación de miles de ahuehetes (*Taxodium mucronatum*); se cree que junto con Moctezuma II, establecieron los ahuehetes más antiguos, presentes aún en el Bosque de Chapultepec (Bello-Lara, 2000).

La primera etapa de reforestación se realizó durante las tres primeras décadas del siglo XX y se enfocó en las áreas verdes urbanas; los recursos económicos, humanos y de infraestructura fueron precarios (Moncayo, 1979). En los años treinta, gracias a la visión y acciones de Miguel Ángel de Quevedo, se creó el primer vivero oficial en México (vivero de Coyoacán) y se realizaron acciones formales de reforestación; asimismo, se generaron lineamientos para realizar acciones de reforestación en diversas cuencas hidrográficas de Valle del México.

En los años setenta se creó la Coordinación General del Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados (COPLAMAR), con el objetivo de desarrollar acciones dirigidas a combatir niveles de pobreza y marginación (Herrera, 2009). Con este programa se promovieron acciones de asistencia técnica, capacitación y empleo corporativo para el fomento de los recursos naturales, creando para ello una red vasta de viveros para la producción y plantación de diferentes especies, acordes a cada región.

En los años ochenta surgió el Programa de Eco-Desarrollo Municipal, con el objetivo de establecer un esquema de operación para un aprovechamiento racional de recursos naturales. El programa creó viveros municipales para producir y aportar planta para incrementar la cobertura vegetal. El número de viveros ascendió a 2,208 con una producción anual de 96.8 millones de plantas, suficientes para reforestar 48,000 ha (SEDUE, 1984).

A finales de la década de los ochenta, con la promulgación y puesta en marcha del Programa Nacional de Reforestación (PRONARE), se gestó un gran impulso a las actividades de restauración y conservación de los recursos forestales; dicho programa, con ajustes y replanteamientos, perduró hasta el año 2003, logrando metas históricas de recolección de germoplasma forestal, producción de planta y superficie reforestada. Para la operación de este programa fue necesario replantear formas y esquemas de gestión-operación, así como una mayor aportación técnica a los procesos.

En 1992 se creó el Programa de Solidaridad Forestal, coordinado por la Secretaría de Desarrollo Social, el cual operó en forma paralela al PRONARE; dentro del programa existieron dos vertientes, la primera de apoyo a las organizaciones sociales para que se involucraran en los trabajos de reforestación, y en la segunda hubo una estrategia para la reforestación masiva, en la cual



participó la Secretaría de la Defensa Nacional, tanto en la producción de planta como en los trabajos de reforestación (Cervantes *et al.*, 2008). A partir de 1995 el PRONARE formó parte de la recién formada Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), absorbiendo algunas de las estructuras y funciones del Programa de Solidaridad Forestal.

En esta época se incorporó el seguimiento técnico a los procesos de producción y plantación, se instauró la evaluación de la reforestación como herramienta necesaria para la mejora de procesos, se incluyeron nuevas herramientas de planeación (Bases de Datos y los Sistemas de Información Geográfica), se continuó fomentando la producción de planta de calidad, mediante el sistema masivo de contenedores, y se generaron lineamientos técnicos de operación aplicables a nivel nacional, dando prioridad a la reproducción de especies nativas.

En 2007 se creó programa Pro Árbol, el cual operó bajo un concepto integral de apoyos y subsidios a las actividades de restauración, fomento y conservación de los recursos forestales; las actividades de reforestación formaron parte importante de este programa. Durante el periodo 2007-2012, anualmente se produjeron 360 millones de plantas y se reforestaron 400,000 ha. En esta época se fomentó la participación de la iniciativa privada para los trabajos de producción de planta; la participación de SEDENA se fortaleció mediante la construcción de nueva infraestructura de producción de planta.

En la administración federal actual se substituyó el programa Pro Árbol por el Programa Nacional Forestal (PRONAFOR), con el cual se mantienen las actividades de reforestación vinculadas a trabajos de restauración y conservación de suelos. Con el objeto de mejorar la calidad de la planta a reforestar e incrementar los índices de supervivencia de las reforestaciones, para el período 2013-2018 se redujo la meta de producción anual a 180 millones de plantas y la de reforestación a 200,000 ha (CONAFOR, 2015).

1.4 Evaluación de plantaciones forestales en México

La evaluación de plantaciones forestales ha sido abordada sin una línea definida de acción, pues en los trabajos existentes se han utilizado técnicas y enfoques variados, y en algunos casos los objetivos de la evaluación han sido incongruentes con los de la misma plantación (Arano, 2006).

Cuando se pretende evaluar una plantación se busca conocer el valor que ésta ha alcanzado desde su establecimiento hasta un momento determinado. Sin embargo, contra lo que pudiera pensarse en primera instancia el valor de una masa arbolada no únicamente puede plantearse en términos económicos (Caballero y Zerecero, 1978). Estos autores mencionan que la ausencia de



evaluación para la mayor parte de las plantaciones, ha impedido concluir si efectivamente han cumplido con los objetivos que motivaron su creación.

A partir del año 2004 la CONAFOR ha impulsado la estrategia para conservar, restaurar y hacer más productivos los ecosistemas forestales. Dicha intervención incluye incentivos a los dueños y poseedores de las áreas forestales para impulsar la recuperación de sus predios degradados, a través de acciones de reforestación y restauración de suelos (Figura 2).



Figura 2. Huerto semillero en el Ejido el Largo y Anexos, Madera, Chihuahua, para producir semilla de alta calidad genética.

En cumplimiento a la legislación federal, cada año la CONAFOR ha promovido evaluaciones externas con la colaboración de instituciones de enseñanza e investigación; dichas evaluaciones tienen la finalidad de conocer los niveles de mortalidad que ocurren en las reforestaciones y las causas de la misma.

En el Cuadro 1 se indican los valores de supervivencia en campo por entidad federativa, evaluadas por organismos externos, para los ejercicios fiscales 2006 y del 2008 al 2014. Las entidades con supervivencias mayores al 50% fueron Coahuila, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala y Veracruz. Por el contrario, las entidades con valores inferiores al 30% fueron Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Yucatán (Universidad Autónoma Chapingo, 2012).



Con relación a la supervivencia promedio por año, los porcentajes han variado del 30 al 53%, con un promedio del 43%, sin que se aprecie una tendencia definida de mejora a través del tiempo, lo que significa que siguen existiendo causas de fondo que ocasionan la mortalidad, las cuales siguen sin resolverse. Las causas de mortalidad se analizan en el capítulo I; asimismo, se proponen posibles soluciones a esta problemática.

Cuadro 1. Supervivencia en las reforestaciones, por Estado, al año de plantado, en los años 2006 y 2008 al 2014.

Entidad Federativa	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Prom.
Aguascalientes	42	38	55	28	32	24	10	53	35
Baja California	0	0	12	0	5	13	9	21	8
Baja California Sur	2	30	37	20	8	12	2	62	22
Campeche	29	31	17	67	51	6	36	24	33
Chiapas	40	21	15	26	38	33	68	56	37
Chihuahua	49	59	42	2	0	31	12	56	31
Coahuila	68	65	57	58	40	67	59	54	58
Colima	59	36	56	56	1	30	38	44	40
Distrito Federal	0	63	92	65	50	32	50	6	45
Durango	49	66	51	24	17	33	34	70	43
Guanajuato	62	64	66	38	39	29	48	50	50
Guerrero	53	33	29	64	43	16	37	54	41
Hidalgo	52	75	66	40	17	25	68	65	51
Jalisco	57	39	51	46	4	20	54	51	40
Estado de México	50	56	68	42	52	41	40	60	51
Michoacán	39	42	75	56	67	39	25	67	51
Morelos	50	57	27	78	13	15	45	90	47
Nayarit	33	48	52	59	23	22	38	75	44
Nuevo León	57	72	72	46	48	50	50	51	56
Oaxaca	43	66	60	61	42	30	65	68	55
Puebla	57	63	77	42	43	19	61	59	53
Querétaro	42	54	74	43	45	39	47	31	47



Cuadro 1. continuación...

Entidad Federativa	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Prom.
Quintana Roo	18	37	74	40	48	38	75	61	49
San Luis Potosí	65	71	78	58	77	59	36	53	62
Sinaloa	62	41	17	32	21	11	17	34	29
Sonora	27	59	30	12	20	23	32	36	30
Tabasco	14	14	41	37	53	36	48	68	39
Tamaulipas	47	91	62	48	58	12	79	70	58
Tlaxcala	51	53	57	8	62	57	43	77	51
Veracruz	57	47	68	65	61	46	59	51	57
Yucatán	27	14	25	39	44	10	13	21	24
Zacatecas	19	52	79	48	52	45	17	63	47
Promedio.	41	49	52	43	37	30	41	53	43

Fuente: Álvarez (2016) *; Universidad Autónoma Chapingo (2007; 2010; 2011; 2012; 2014; 2015); Universidad Autónoma de Nuevo León (2008). NE= No Evaluado.



Referencias Bibliográficas

- Álvarez R., R. 2016. Comunicación personal. Subgerente de Producción de planta. CONAFOR. Zapopan, Jalisco.
- Arano S., G. 2006. Evaluación de las plantaciones establecidas por el PRODEPLAN en el Sur de Veracruz (1998-2003). Tesis de Maestría. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México. 20 p. Consultado en: http://dicifo.chapingo.mx/posgrado/articulos/2006/arano_santos_gabriel_2006.pdf (Abril 2016).
- Barrera-Bassols, N. 1995. Ganadería y deforestación en Veracruz. Procesos ecológicos y económicos de un espacio tropical. Tesis de Maestría. Instituto de Investigaciones Antropológicas. UNAM. México. D.F.
- Bello-Lara, A. 2000. Metodología para la evaluación técnica de la Reforestación. Memoria de Experiencia Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Estado de México. 23 p.
- Caballero D., M y Zerecero L., G. 1978. Necesidad de investigación sobre plantaciones forestales en especial interés en su evaluación. In: Memoria de la Primera Reunión Nacional sobre plantaciones forestales. INIF. SARH. Pub. Esp. No. 13. México, D.F. pp: 73-78.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2016. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/259_100516.pdf. (Diciembre 2016). Última Reforma DOF 10-05-2016. Estados Unidos Mexicanos. Ciudad de México.
- Cedeño G., H. y Pérez, D. R. 2005. La legislación forestal y su efecto en la restauración en México. Centro de Investigación en ecosistemas. Universidad Nacional Autónoma de México. In: Temas sobre restauración Ecológica. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales México, D.F. pp: 87-97.
- Cervantes, V., Carabias J., Arriaga V. 2008. Evolución de las políticas públicas de restauración ambiental. En: Capital natural de México, vol. III: Políticas públicas y perspectivas de sustentabilidad. CONABIO, México, D.F. pp: 155-226.
- CONAFOR. 2010. Visión de México sobre REDD+ constituye una plataforma para construir la Estrategia Nacional REDD+. Consultado en: http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/1393Visi%C3%B3n%20de%20M%C3%A9xico%20sobre%20REDD_.pdf. (Julio 2012).



- CONAFOR. 2015. La CONAFOR incrementa la calidad de la producción de planta. Zapopan, Jalisco, México. Boletín 154 p 2.
- CONAFOR. 2016. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Consultado en: <http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/infys>, (Diciembre 2016).
- CCMSS. 2006. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible. Nota Informativa No. 5. 2006. México, D.F.
- FAO. 2011. Situación de los bosques del mundo 2011. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Consultado en: www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s.pdf. (Octubre 2015).
- Garza O., F.; Foroughbakhch P., R.; Carrillo P., V. y Bustamante G., V. 2011. Año Internacional de los bosques: Situación actual y perspectivas. Planta 11:4-6.
- Herrera T., F. 2009. Apuntes sobre las instituciones y los programas de desarrollo rural en México. Del Estado benefactor al Estado neoliberal. Estudios Sociales. 17(33):8-39. Consultado en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41711583001> (Diciembre 2016).
- Martínez S., M. y Prieto R., J. A. 2011. Determinación de áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales en la región Norte de México. Folleto técnico No. 47. Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Durango, Dgo. 36 p.
- Moncayo R., F. 1979. Relación de algunas cosas de los montes de México: un Ensayo Histórico del Asunto Forestal. Serie Premio Nacional Forestal No. 2. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F. 220 p.
- Mittermeir, R.A.; Myers, J. N.; Thomsen B. and. Fonseca G.A.B. 1998. Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. Conservation Biology 12: 516-520.
- Secretaría de Gobernación. 2014. Programa Nacional Forestal 2014-2018. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México. Consultado en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342498&fecha=28/04/2014 (Noviembre 2016).
- SEDUE. 1984. Programa de Ecodesarrollo Municipal-PRODEM, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Subsecretaría de Ecología. Dirección General de la Protección y Restauración Ecológica. México, D.F.



- SEMARNAT-CONAFOR. 2012. Plantaciones forestales comerciales por entidad federativa 2005 a 2011. Gerencia de plantaciones forestales. CONAFOR. Zapopan, Jalisco, México.
- Toledo, V. M.; Carabias, J.; Mapes, C. y Toledo, C. 1985. Ecología y autosuficiencia alimentaria. Siglo XXI Editores. México, D.F. 118 p.
- Toledo, V. M.; Carabias, J.; Toledo C. y González P., C. 1989. La producción rural en México. Alternativas ecológicas. Editorial Fundación Universo Veintiuno. México, D.F. 402 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2007. Ejercicio Fiscal 2006: Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 107 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2010. Informe de evaluación externa: De los apoyos de reforestación, ejercicio fiscal 2009. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 140 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2011. Indicadores de gestión de desempeño del programa PROCOREF durante el ejercicio fiscal 2010. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 206 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2012. Evaluación complementaria del PROCODEF: ejercicio fiscal 2011. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 293 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2014. Informe final de resultados: del monitoreo y evaluación complementaria de los apoyos de reforestación y suelos 2012. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 276 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2015. Monitoreo de restauración forestal y reconversión productiva 2014: en el marco de los apoyos del programa nacional forestal, otorgados por la comisión nacional forestal. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 276 p.





LAS REFORESTACIONES EN MÉXICO
PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN



FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE LAS REFORESTACIONES

José Ángel Prieto Ruíz¹
José Ciro Hernández Díaz²
José Rodolfo Goche Télles¹
Jesús Miguel Olivas García³
Javier Hernández Salas³
Concepción Luján Álvarez³
Christian Anton Wehenkel²
Arnulfo Aldrete⁴

¹Facultad de Ciencias Forestales.

Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo.
jprieto@ujed.mx; jgoche@ujed.mx

²Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera.

Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo.
jciroh@ujed.mx; wehenkel@ujed.mx

³Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales.

Universidad Autónoma de Chihuahua. Delicias, Chihuahua.
jolivas@uach.mx; jhernans@uach.mx;
clujan12@hotmail.com

⁴Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
aaldrete@colpos.mx



2.1 Selección de especies

Los criterios a considerar en la selección de especies se determinan en función de los objetivos de la reforestación. La especie influye en forma importante en el éxito de la reforestación, ya que la supervivencia, vitalidad, resistencia y características deseadas, tales como: crecimiento y propiedades de la madera de los individuos, dependen en mucho de la especie.

Cada especie requiere de condiciones específicas para vivir sanamente y ser competitiva. La suma de estas condiciones se califica como hábitat ecológico. Si se carece del entorno adecuado para el desarrollo óptimo de la especie, probablemente existirá reducción en la supervivencia, vitalidad, resistencia y crecimiento. En cambio, cuando el hábitat es apropiado, los individuos pueden desarrollarse óptimamente. Por ello, es importante conocer estos nichos y analizar las características del lugar de reforestación, para procurar que sean compatibles con las especies a reforestar.

Un lugar de reforestación puede ser óptimo para varias especies. En este caso, existe la posibilidad de utilizar una mezcla de especies que cumplan con los objetivos de la reforestación, que pueden ser la protección del suelo, captura de carbono, proporcionar sombra, cosecha de agua y producir madera, resina o leña, entre otros.

Existen varios métodos para verificar las especies que pueden crecer en una reforestación. Uno de estos métodos es revisar las especies que predominan en la periferia del lugar y crecen sanamente. Otros son determinar qué especies crecieron antes en el lugar de reforestación y cuáles habitan en otros lugares con condiciones similares del clima y suelo.

2.2 Origen y calidad de la semilla

2.2.1 Importancia del origen de la semilla

Para toda plantación forestal, ya sea con fines de restauración o comerciales, se recomienda utilizar la especie y procedencia más adecuada, dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas del sitio de plantación, entre otros (Loo, 2001; Vargas *et al.*, 2004; Flores *et al.*, 2014). Las condiciones ambientales bajo las cuales una especie ha evolucionado, tienen un efecto directo sobre el comportamiento de la misma en los lugares donde sea plantada.

Una procedencia es definida como el origen geográfico de la población natural de donde se obtiene un lote de semilla o propágulos de una especie forestal (Flores *et al.*, 2014; Secretaría de Economía, 2016a). Cuando se requiere establecer plantaciones forestales en una zona determinada, la recomendación



general es que se utilice planta de las especies y procedencias nativas o locales a dicha zona, a menos que se tengan estudios que indiquen que existen otras especies y procedencias mejor adaptadas que las nativas.

Sin embargo, existen otras recomendaciones que deberán ser tomadas en cuenta para determinar si una procedencia tiene potencial para ser establecida en la zona de interés. Por ejemplo, Conkle (2004) reporta que el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA Forest Service), sugiere que la semilla sea recolectada dentro de un rango no mayor a 100 millas (161 km) al Sur o Norte del sitio de plantación y el rango de elevación no debe ser mayor a 365 m. Esto permitirá disminuir el riesgo de fracaso por la adaptación natural de las procedencias locales.

Cuando las especies de interés tienen un rango de distribución amplio, es conveniente realizar ensayos de procedencia para identificar los mejores materiales genéticos. Estudios recientes recomiendan rangos de distancia menores entre la procedencia de la semilla y los lugares de plantación; por ejemplo, Reyes-Murillo et al. (2016) sugieren que en *Pinus lamboltzii* la semilla provenga de un radio no mayor a 50 km; por su parte, Hernández-Velasco et al. (2016) indican que con el fin de evitar pérdida de variantes genéticas locales, en *Pinus cembroides*, *P. durangensis* y *P. teocote* el radio máximo de movimiento de semilla debe ser de 5 km; en estos trabajos se detectó que la estructura genética depende de la especie, de las localidades donde se desarrolla y de la distancia geográfica que las separa.

2.2.2 Calidad del germoplasma según su origen

Las características genéticas del germoplasma cada tipo de Unidad Productora de Germoplasma Forestal (UPGF) dependen de su origen. A continuación, se hace una descripción breve de las categorías que marca la norma mexicana NMX-AA-169-SFCI-2016. La calidad genética de la semilla o propágulos es ascendente, partiendo del menor nivel para la semilla proveniente de rodales semilleros (UPGF-RS), siendo el mejor material genético el de bancos clonales comprobados genéticamente (UPGF-BCCG) (Secretaría de Economía, 2016a).

a) Rodal semillero (UPGF-RS). Corresponde a un rodal de bosque natural o de una plantación con individuos sobresalientes, *“debe contar con un mínimo de 50 individuos de la misma especie, mantener una separación mínima de 20 m entre sí y estar conformadas por áreas compactas o franjas continuas. Para especies en categoría de riesgo las unidades deben contar con un mínimo de 20 individuos y mantener una separación mínima de 10 m entre sí.*



b) Huerto semillero sexual (UPGF-HSS). Es una plantación establecida con *“planta producida por semilla recolectada de individuos superiores ubicados en rodales naturales o en plantaciones que cuenten con registro de su procedencia”*.

c) Huerto semillero asexual (UPGF-HSA). Es una plantación establecida con *“plantas obtenidas mediante propágulos vegetativos de individuos superiores, ubicados en rodales naturales o en plantaciones que cuenten con registro de su procedencia”*. En México, la propagación por injerto ha sido el método más común, aunque pueden utilizarse otros métodos de propagación asexual.

d) Banco clonal (UPGF-BC). Es una plantación con *“planta obtenida de propágulos vegetativos de individuos superiores ubicados en rodales naturales o en plantaciones que cuenten con registro de su procedencia”*. El germoplasma a utilizar corresponde a partes vegetativas.

e) Huerto Semillero Sexual Comprobado Genéticamente (UPGF-HSS-CG). Es una plantación con *“planta producida por semilla obtenida de individuos superiores que fueron seleccionados con una separación mínima de 100 m entre ellos, de los cuales se comprobó su superioridad mediante plantaciones denominadas “pruebas de progenie”*.

f) Huerto Semillero Asexual Comprobado Genéticamente (UPGF-HSA-CG). Es una plantación de *“planta producida a partir de propágulos vegetativos obtenidos de individuos superiores, que fueron seleccionados con una separación mínima de 100 m entre ellos, de los cuales se comprobó su superioridad mediante plantaciones denominadas “pruebas de progenie”*.

g) Banco Clonal Comprobado Genéticamente (UPGF-BCCG). Es una plantación a partir de *“planta producida a partir de propágulos vegetativos obtenidos de individuos superiores, que fueron seleccionados con una separación mínima de 100 m entre ellos, de los cuales se comprobó su superioridad mediante plantaciones denominadas “ensayos clonales”*. El germoplasma a emplear debe provenir de partes vegetativas.

2.3 Calidad de planta

Uno de los factores fundamentales que inciden en el éxito de una reforestación es la calidad del material genético utilizado, lo cual está definido por su origen y por su forma de reproducción. Las características morfológicas y fisiológicas de la planta a utilizar dependen de la especie y de las particularidades de los sitios a reforestar; pero sin duda, debe tener características mínimas que garanticen su arraigo y crecimiento necesario (Landis *et al.*, 2010).

De la mortalidad que ha ocurrido (57% en el período 2006-2014) en las reforestaciones realizadas, la calidad deficiente de la planta es causa de un 9.7



% de esa mortalidad (Universidad Autónoma Chapingo, 2007; 2010; 2011; 2012; 2014; 2015; Colegio de Postgraduados, 2008; Universidad Autónoma de Nuevo León, 2008). Por lo anterior, la CONAFOR ha implementado diversas estrategias para mejorar los procesos de producción de planta en vivero, y una de ellas es aplicar la norma mexicana para la Certificación de la Operación de Viveros Forestales (NMX-AA-170-SCFI-2016), la cual define las características morfológicas mínimas que debe tener la planta, en función de la especie (Secretaría de Economía, 2016b).

Aunque existen diversos rasgos morfológicos que pueden ser medidos para definir la calidad de la planta al salir del vivero, sin duda la altura y el diámetro son los atributos más considerados, pues el diámetro está correlacionado con la supervivencia, mientras que la altura se relaciona con el crecimiento posterior de la planta.

Las características del sitio son importantes para definir las dimensiones de la planta a utilizar; por ejemplo, *“Planta grande, con tallo rígido, con superficie fotosintética grande, es mejor para sitios que presentan competencia vegetal y pastoreo”*, así como condiciones favorables de humedad, mientras que *“planta pequeña con tallos gruesos, rígidos y un sistema radical extenso, es mejor para sitios secos”* (Landis et al., 2010).

Además de las características morfológicas mínimas que debe tener la planta, otro aspecto importante es la lignificación o intemperización de la planta; por ello, al menos dos meses antes de plantarse debe estar en condiciones ambientales de intemperie. De igual manera, deberá limitarse la disponibilidad de agua y evitar la aplicación de dosis altas de nitrógeno.

En síntesis, plántula de coníferas de clima templado frío, que se vaya a plantar en zonas forestales, deberá tener los siguientes atributos mínimos: diámetro al cuello: ≥ 4 mm; altura mínima de 12 cm y máxima de 30 cm (en especies cespitosas no aplica el criterio de la altura), sistema radical con puntos de crecimiento en abundancia, planta joven, sin daños físicos, sana y vigorosa (Secretaría de Economía, 2016b).

Con base en la norma mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016, en los Cuadros 2, 3, y 4 se presentan las características morfológicas mínimas y máximas que deben tener las especies para ser plantadas en los programas de reforestación en clima templado frío y tropical de la república mexicana.



Cuadro 2. Edad, altura y diámetro al cuello a considerar en especies de coníferas de clima templado frío.

Núm.	Nombre científico	Edad (meses)		Altura (cm)		Diám. (mm)
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
1	<i>Abies religiosa</i>	12	18	20	30	≥ 4
2	<i>Cupressus forbesii</i>	14	18	15	30	≥ 4
3	<i>Cupressus lindleyi</i>	6	12	20	30	≥ 4
4	<i>Juniperus deppeana</i>	12	12	20	35	≥ 4
5	<i>Juniperus flacida</i>	11	12	20	25	≥ 4
6	<i>Pinus arizonica</i>	10	14	12	20	≥ 4
7	<i>Pinus ayacabuite</i>	8	12	20	30	≥ 4
8	<i>Pinus cembroides</i>	10	18	15	25	≥ 4
9	<i>Pinus chiapensis</i>	10	12	20	25	≥ 4
10	<i>Pinus cooperi</i>	10	12	15	20	≥ 4
11	<i>Pinus devoniana</i>	8	12	N/A	N/A	≥ 5
12	<i>Pinus douglasiana</i>	8	10	20	30	≥ 4
13	<i>Pinus durangensis</i>	10	12	15	20	≥ 4
14	<i>Pinus engelmannii</i>	10	18	N/A	N/A	≥ 5
15	<i>Pinus greggii</i>	6	8	25	30	≥ 4
16	<i>Pinus hartwegii</i>	12	18	N/A	N/A	≥ 4
17	<i>Pinus jeffreyi</i>	12	14	15	20	≥ 4
18	<i>Pinus lawsonii</i>	9	10	25	30	≥ 4
19	<i>Pinus leiophylla</i>	8	10	20	25	≥ 4
20	<i>Pinus maximartinezii</i>	10	12	15	20	≥ 5
21	<i>Pinus maximinoi</i>	8	10	20	30	≥ 4
22	<i>Pinus montezumae</i>	10	16	N/A	N/A	≥ 5
23	<i>Pinus oaxacana</i>	8	12	20	30	≥ 4
24	<i>Pinus oocarpa</i>	8	10	25	30	≥ 4
25	<i>Pinus patula</i>	8	10	25	30	≥ 4
26	<i>Pinus pringlei</i>	10	12	N/A	N/A	≥ 5
27	<i>Pinus pseudostrabus</i>	8	12	25	30	≥ 4



Cuadro 2. continuación...

Núm.	Nombre científico	Edad (meses)		Altura (cm)		Diám. (mm)
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
28	<i>Pinus quadrifolia</i>	12	14	15	20	≥ 4
29	<i>Pinus rudis</i>	12	14	N/A	N/A	≥ 5
30	<i>Pinus teocote</i>	8	10	20	25	≥ 4
31	<i>Taxodium macronatum</i>	10	12	25	30	≥ 5

Fuente: Secretaría de Economía (2016b).

Cuadro 3. Edad, altura y diámetro al cuello a considerar en especies de latifoliadas en clima templado frío.

Núm.	Nombre científico	Edad (meses)		Altura (cm)		Diám. (mm)
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
1	<i>Arbutus glandulosa</i>	10	11	25	30	≥ 5
2	<i>Alnus jorullensis</i>	8	10	25	30	≥ 4
3	<i>Arbutus xalapensis</i>	10	11	25	30	≥ 5
4	<i>Ebenopsis ebano</i>	11	14	15	20	≥ 4
5	<i>Fraxinus uhdei</i>	4	5	25	30	≥ 4
6	<i>Quercus eduardi</i>	12	14	25	30	≥ 4
7	<i>Quercus laurina</i>	12	14	25	30	≥ 4
8	<i>Quercus potosina</i>	12	14	25	30	≥ 4
9	<i>Quercus agrifolia</i>	12	14	15	20	≥ 4
10	<i>Quercus resinosa</i>	12	14	25	30	≥ 4
11	<i>Quercus rugosa</i>	10	12	20	30	≥ 4
12	<i>Quercus xalapensis</i>	10	12	20	25	≥ 4
13	<i>Rhus ovata</i>	8	10	15	20	≥ 4
14	<i>Schinus molle</i>	8	10	40	50	≥ 7

Fuente: Secretaría de Economía (2016b).



Cuadro 4. Edad, altura y diámetro al cuello a considerar en especies a plantar en climas tropicales.

Núm.	Nombre científico	Edad (meses)		Altura (cm)		Diám. (mm)
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
1	<i>Acacia angustissima</i>	4	5	25	30	≥ 4
2	<i>Acacia coulteri</i>	4	5	25	30	≥ 4
3	<i>Acacia cyanophylla</i>	4	5	25	30	≥ 4
4	<i>Acacia farnesiana</i>	4	5	25	30	≥ 4
5	<i>Acacia guatemalensis</i>	4	6	25	30	≥ 5
6	<i>Acacia pennatula</i>	4	5	25	30	≥ 4
7	<i>Acacia schaffneri</i>	4	5	25	30	≥ 4
8	<i>Albizia plurijuga</i>	4	5	25	30	≥ 4
9	<i>Alnus acuminata</i>	4	5	10	25	≥ 4
10	<i>Amphipterygium adstringens</i>	4	5	25	30	≥ 4
11	<i>Brosimum alicastrum</i>	4	7	25	30	≥ 4
12	<i>Bursera aloexylon</i>	4	5	25	30	≥ 4
13	<i>Bursera bipinnata</i>	4	5	25	30	≥ 4
14	<i>Bursera fagaroides</i>	4	5	25	30	≥ 4
15	<i>Caesalpinia coriaria</i>	4	5	25	30	≥ 4
16	<i>Caesalpinia platyloba</i>	4	5	20	25	≥ 4
17	<i>Callistemon citrinus</i>	4	5	40	50	≥ 7
18	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	4	5	40	50	≥ 7
19	<i>Casuarina equisetifolia</i>	4	5	25	30	≥ 4
20	<i>Cedrela mexicana</i>	4	5	25	30	≥ 5
21	<i>Cedrela odorata</i>	4	5	25	30	≥ 5
22	<i>Ceiba aesculifolia</i>	4	5	20	30	≥ 4
23	<i>Ceiba parvifolia</i>	4	5	20	25	≥ 4
24	<i>Ceiba pentandra</i>	4	5	20	30	≥ 5
25	<i>Celtis speciosa</i>	4	5	25	30	≥ 4
26	<i>Cinchona pubescens</i>	4	5	25	30	≥ 4



Cuadro 4. continuación...

Núm.	Nombre científico	Edad (meses)		Altura (cm)		Diám. (mm)
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
27	<i>Cordia alliodora</i>	4	5	25	30	≥ 5
28	<i>Cordia dodecandra</i>	4	5	25	30	≥ 5
29	<i>Cordia sebestema</i>	4	5	25	35	≥ 5
30	<i>Crescentia alata</i>	4	5	25	30	≥ 4
31	<i>Crescentia cujete</i>	4	5	25	30	≥ 4
32	<i>Cyrtocarpa procerca</i>	4	5	25	30	≥ 4
33	<i>Dodonaea viscosa</i>	4	5	25	30	≥ 4
34	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	4	6	25	30	≥ 5
35	<i>Erythrina flabelliformis</i>	4	5	25	30	≥ 4
36	<i>Eysenhardtia orthocarpa</i>	4	6	25	30	≥ 4
37	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	4	5	25	30	≥ 4
38	<i>Forestiera tomentosa</i>	4	5	25	30	≥ 4
39	<i>Gliricidia sepium</i>	4	5	25	35	≥ 5
40	<i>Gmelina arborea</i>	4	5	25	30	≥ 4
41	<i>Guazuma ulmifolia</i>	4	5	25	30	≥ 4
42	<i>Haematoxylum campechianum</i>	4	5	25	30	≥ 4
43	<i>Leucaena esculenta</i>	4	5	25	30	≥ 4
44	<i>Leucaena glauca</i>	4	5	25	30	≥ 4
45	<i>Leucaena leucocephala</i>	5	6	25	30	≥ 4
46	<i>Liquidambar styraciflua</i>	6	8	25	30	≥ 4
47	<i>Lonchocarpus longistylus</i>	4	5	25	30	≥ 4
48	<i>Lysiloma acapulcensis</i>	4	5	25	30	≥ 4
49	<i>Lysiloma divaricata</i>	4	5	25	30	≥ 4
50	<i>Lysiloma microphyllum</i>	4	5	25	30	≥ 4
51	<i>Manilkara zapota</i>	4	6	25	30	≥ 4



Cuadro 4. continuación...

Núm	Nombre científico	Edad (meses)		Altura (cm)		Díam. (mm)
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
52	<i>Melia azedarach</i>	4	5	20	25	≥ 4
53	<i>Mimosa fasciculata</i>	4	5	25	30	≥ 4
54	<i>Parkinsonia praecox</i>	4	5	25	30	≥ 4
55	<i>Piscidia piscipula</i>	4	5	25	30	≥ 4
56	<i>Pithecellobium acatense</i>	4	6	25	30	≥ 4
57	<i>Pithecellobium dulce</i>	4	5	25	30	≥ 4
58	<i>Pithecellobium ebano</i>	4	5	25	30	≥ 4
59	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	4	5	20	25	≥ 4
60	<i>Prosopis articulata</i>	4	5	25	30	≥ 4
61	<i>Prosopis glandulosa</i>	4	6	20	30	≥ 4
62	<i>Prosopis laevigata</i>	4	6	20	30	≥ 4
63	<i>Prosopis palmeri</i>	4	5	25	30	≥ 4
64	<i>Prosopis velutina</i>	4	5	25	30	≥ 4
65	<i>Sideroxylon capiri</i>	5	6	25	30	≥ 4
66	<i>Swietenia humilis</i>	4	5	25	30	≥ 4
67	<i>Swietenia macrophylla</i>	4	5	25	30	≥ 4
68	<i>Tabebuia donell-smithii</i>	4	5	25	30	≥ 5
69	<i>Tabebuia rosea</i>	5	7	25	30	≥ 5
70	<i>Tecoma stans</i>	4	5	25	30	≥ 4
71	<i>Thevetia peruviana</i>	4	5	25	35	≥ 4
72	<i>Viguiera quinqueradiata</i>	4	5	25	30	≥ 4

Fuente: Secretaría de Economía (2016b).

2.4 Preparación del sitio de plantación

Con el propósito de que el sitio de plantación tenga las condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de la planta en el menor tiempo posible (Mas, 2003) o que permita reducir factores nocivos para la especie forestal plantada (Capó, 2015), la preparación del terreno es fundamental y frecuentemente requiere tratamiento a la vegetación y al suelo.



Mediante el tratamiento a la vegetación se acondiciona el área para la plantación, se elimina la posible competencia por espacio de crecimiento, luz, humedad y nutrientes. Este tratamiento implica la remoción de la vegetación herbácea y arbustiva. La vegetación nativa sólo debe eliminarse cuando sea necesario. La remoción puede ser por medios manuales, mecánicos y hasta químicos. En algunas ocasiones dos o más procedimientos pueden ser simultáneos o complementarse con tratamientos al suelo.

La preparación del suelo depende de las condiciones del mismo, de los requerimientos de la especie vegetal a plantar y de las condiciones climáticas, principalmente del régimen de precipitación, con el propósito de captar el agua de lluvia y/o evitar la erosión.

El tratamiento al suelo se realiza para favorecer las condiciones del sitio para la plantación; en general, a menor calidad de suelo o mayor degradación, debe hacerse mayor preparación al terreno. En ocasiones las condiciones del terreno son inadecuadas debido a que existen diferentes grados de erosión, pedregosidad o aridez, entre otras; en esos casos deberá de analizarse y definirse la alternativa más favorable para lograr el propósito de la reforestación (González-Río *et al.*, 2000).

2.5 Distribución de la planta

El diseño de la plantación es la forma de distribución de las plantas en el terreno, básicamente puede ser de dos formas, sistemático o regular y aleatorio o irregular.

2.5.1 Sistemático o regular

La ubicación de las plantas sigue un patrón de distribución regular en el terreno. Se utiliza en condiciones de terreno uniforme, sin presencia de vegetación; si la superficie a reforestar es grande se puede emplear maquinaria para roturar el suelo.

Un arreglo sistemático puede permitir la mecanización y facilita la preparación del suelo, así como las labores de plantación y mantenimiento, los cultivos posteriores como limpias o pre aclareos, aclareos, podas y cosecha de la plantación. Esta estrategia es recomendable para plantaciones industriales, comerciales o de producción.



2.5.2 Aleatorio o irregular

No sigue un patrón determinado. Se hace cuando el terreno no es uniforme, existe vegetación competitiva y se requiere reforestar un área pequeña con suelo escaso, entre otros factores. En suelos someros o pedregosos, la distribución irregular permite elegir el mejor sitio de plantación, imita a la regeneración natural y es preferible para fines de conservación, protección o recreación. A la vez, permite que exista una alta densidad de plantación y mezcla de especies.

La decisión de seguir o no un patrón de distribución depende en gran medida del objetivo de la plantación; pero, también depende de aspectos como: uniformidad del terreno, forma de preparación del terreno, existencia de vegetación competitiva u obstáculos, entre otros.

En las Figuras 2 a la 5, se ilustran ejemplos de formas de distribución de la planta en el terreno.



Figura 2. Distribución de la planta en forma irregular.



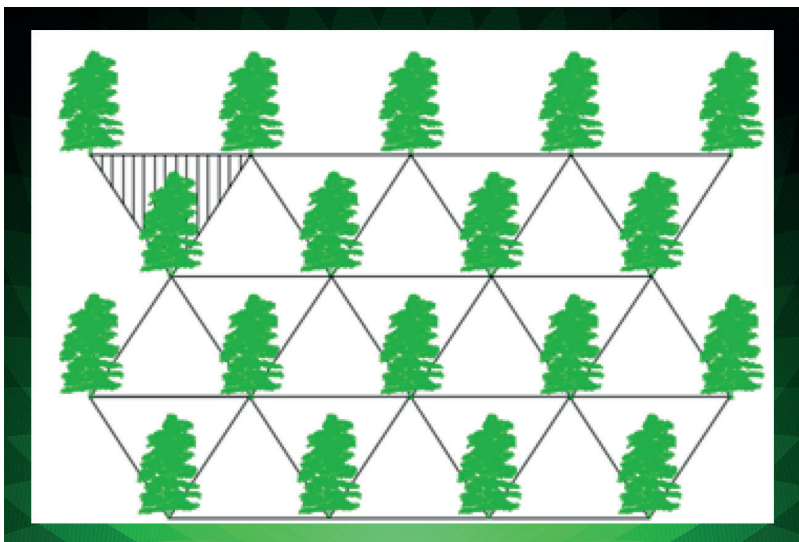


Figura 3. Distribución de la planta en tresbolillo (equidistancia entre plantas).



Figura 4. Distribución de la planta en marco real o cuadrado (misma distancia en hileras y columnas).



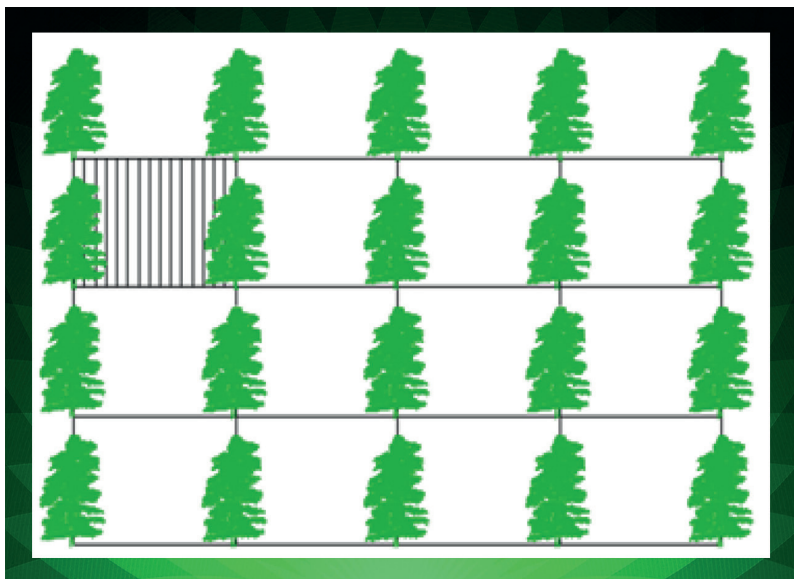


Figura 5. Distribución de la planta en forma de rectángulo (distancias diferentes entre hileras y columnas).

2.6 Densidad de plantación

La densidad o número de plantas por hectárea para una distribución de plantas en forma regular, se determina por el espacio vital asignado a cada planta, el cual depende de la distancia entre líneas y entre plantas.

Para marco real el número de plantas por hectárea es: $10,000 \text{ m}^2$ divididos entre el área del cuadro (distancia entre plantas, en metros, elevado al cuadrado); para una distribución en rectángulos es: $10,000$, entre el área que se obtiene de multiplicar la distancia entre líneas por la distancia entre plantas (1). Para tresbolillo, la densidad se calcula de manera análoga al marco real, pero su producto se multiplica por 1.155, ya que caben 15.5 % árboles más por unidad de superficie o bien la distancia entre plantas elevada al cuadrado se multiplica por el coseno de 30 , que equivale a 0.866 (2).



$$N = \frac{Sup (m^2)}{d_p \times d_l} \quad (1)$$

$$N = \frac{Sup (m^2)}{d_p^2 \times 0.866} \quad (2)$$

Dónde:

N: Número de plantas por hectárea

Sup.: Superficie (m²)

dp: Distancia entre plantas

dl: Distancia entre líneas

Ejemplo de plantado en marco real: Se desea reforestar una superficie de 20 ha, con una separación entre plantas de 2x2 m; con base en lo anterior, ¿cuál será la cantidad de árboles a plantar?

$$N = \frac{Sup (m^2)}{d_p \times d_l} = \frac{200,000}{2 \times 2} = 50,000 \text{ planta}$$

Ejemplo de plantado en rectángulo: Se desea reforestar una superficie de 5 ha, con una separación entre plantas de 2x3 m; con base en lo anterior, ¿cuál será la cantidad de individuos a plantar?

$$N = \frac{Sup (m^2)}{d_p \times d_l} = \frac{50,000}{2 \times 3} = 8,333 \text{ plantas}$$

Ejemplo plantado en tresbolillo: ¿Cuántas plantas caben en 10 ha?, si la distancia entre plantas, distribuida en tresbolillo, es de 3 m.

$$N = \frac{100,000}{3^2 \times 0.866} = N = \frac{100,000}{7.794} = 12,830 \text{ plantas}$$



Por otro lado, si se conoce la cantidad de árboles a plantar y el espaciamiento entre ellos, es posible calcular la superficie a plantar. Por ejemplo, se cuenta con 10,000 plantas, las cuales se desean poner a una distancia de 2x3 m entre árboles, en forma de marco real. El proceso para estimar la superficie a utilizar, es el siguiente:

$$N = \frac{Sup (m^2)}{d_p \times d_c}; \text{ entonces, } Sup = N (d_p \times d_c)$$

$$Sup = 10,000 (2 \times 3) = 60,000 \text{ m}^2 = 6 \text{ ha}$$

En el Cuadro 5 se muestra el número de individuos por hectárea que se pueden plantar, en función de diversas separaciones entre plantas.

Cuadro 5. Densidades de plantación en función de diversas distancias entre individuos.

Distancia entre filas (m)	Distancia entre columnas (m)	Individuos por hectárea (No.)
1.5	2.0	3,333
1.5	2.5	2,667
1.5	3.0	2,222
2.0	2.0	2,500
2.0	2.5	2,000
2.5	2.5	1,600
2.5	3.0	1,333
2.5	4.0	1,000
3.0	3.0	1,111
3.0	3.5	952
3.0	4.0	833

2.7 Época de plantación

Un factor trascendental para el éxito de las reforestaciones es la época en que la planta se establece en el sitio de plantación, pues factores limitantes como la humedad disponible durante el período de lluvias y en fechas posteriores, con frecuencia varían en cada sitio, y en ocasiones es escasa; esto debe tomarse en cuenta debido al estrés que pueda sufrir la planta al cambiar de un microambiente con condiciones favorables de humedad, temperatura y luminosidad,



así como de nutrición, a uno con condiciones naturales no controladas (sitio definitivo) y variables a través del año.

En México, en regiones de clima templado frío, las condiciones favorables de lluvia generalmente ocurren entre finales de junio y el mes de septiembre, y es la fuente de humedad más importante que ocurrirá hasta el siguiente ciclo de lluvias. En algunos años la precipitación se prolonga hasta octubre y principios de noviembre, incluso en el invierno puede haber precipitaciones; pero éstas son inciertas y generalmente escasas.

Por ello, las plantas establecidas en el verano deben sobrevivir hasta el ciclo siguiente bajo condiciones de escasez de humedad, incluyendo el invierno, donde llegan a existir temperaturas mínimas extremas que pueden causarles la muerte; aunque el frío invernal propicia que la actividad metabólica de las plantas se reduzca considerablemente, lo que provoca que existan menores necesidades de humedad y de nutrientes. En tanto, la primavera es otro período crítico para las plantaciones establecidas en el verano anterior, pues se caracteriza por ser de estiaje con disponibilidad de humedad decreciente y temperaturas crecientes, lo cual puede prolongarse hasta el mes de junio.

La fecha inicial y final de plantación está definida por los factores limitantes específicos en cada sitio de plantación (Landis *et al.*, 2010), en este caso la disponibilidad de humedad; con base en lo anterior, la plantación debe hacerse durante la primera mitad del periodo de lluvias, una vez que la humedad en el terreno penetre al menos la longitud del cepellón y finalizando cuando aún queda al menos un tercio de período esperado de lluvia en forma regular.

Plantar oportunamente generará ventajas a la planta y le dará más probabilidad de supervivencia y crecimiento favorable, debido a que el sistema de raíz saldrá más rápido de su cepellón, definido por el tamaño del envase, y extenderá en forma más rápida su área de contacto en el suelo, lo que favorecerá su arraigo definitivo y su crecimiento; además, durante el verano las temperaturas son más altas y más estables.

En cambio, al plantar en forma tardía se corre el riesgo de que la humedad disponible se reduzca y al acercarse el otoño las temperaturas empiezan a disminuir y a ser más inestables y el fotoperiodo se acorta; lo anterior genera que el sistema radical crezca menos y la planta esté más expuesta a las temperaturas extremas del invierno, debido a que tendrá menos tiempo en condiciones ambientales favorables.



2.8 Cuidados y mantenimiento

Otras actividades asociadas con el establecimiento de la plantación son las siguientes:

2.8.1 Cajeteo

Consiste en remover el suelo alrededor de la planta de manera que quede una oquedad alrededor de la planta y un bordo perimetral que tenga un diámetro de al menos 30 cm; esto servirá para almacenar agua de lluvia o de riegos de auxilio cuando se considere necesario.

2.8.2 Cercado

Consiste en poner un cerco con 4 a 5 alambres de púas en la periferia del sitio plantado; esta barrera física debe impedir que el ganado se introduzca a pastorear en el sitio reforestado.

2.8.3 Fertilización

Es la aplicación de fertilizantes granulados, los cuales pueden incorporarse al fondo de la cepa al momento del plantado, o bien en la parte superficial, tapándolos con tierra después de plantar.

2.8.4 Control de malezas

Se refiere a eliminar las malezas aledañas que pueden afectar negativamente el establecimiento o desarrollo de las plantas usadas para reforestar. Esos efectos negativos pueden deberse a competencia por luz, humedad y nutrientes, lo cual puede favorecer la presencia de roedores que dañan a las plantas o para que exista más cantidad de material combustible, lo cual en caso de un incendio puede resultar letal para la reforestación. Por lo tanto, el control de malezas debe hacerse periódicamente a través de la vida de la reforestación, en especial durante los primeros años.

2.9 Monitoreo y evaluación

2.9.1 Monitoreo

Consiste en una serie de evaluaciones consecutivas y periódicas de aspectos cuantitativos y cualitativos de la vegetación de interés. En general, el objetivo del monitoreo es conocer la dinámica de la plantación en el tiempo y espacio, determinar el estado fitosanitario y detectar problemas eventuales que influyan en el desarrollo de la reforestación. Lo anterior permitirá implementar



soluciones de manera oportuna, emprender acciones de mitigación y tener las bases suficientes para optimizar las prácticas silvícolas.

Para una adecuada evaluación de una plantación forestal, es necesario contar con un croquis de la misma, donde se ubiquen los sitios, se identifiquen distancias entre sitios y entre fajas y se defina el rumbo de los transectos a estudiar.

En el ámbito forestal, una reforestación o plantación es una inversión costosa, por lo que es importante evaluar y atender con oportunidad las necesidades y monitorear el desempeño, con la finalidad de asegurar el éxito de la plantación a largo plazo.

Recientemente se han desarrollado *software* que facilitan y agilizan la estimación y comparación de costos e ingresos posibles de la producción de planta en viveros (Hernández-Díaz *et al.*, 2015a) y de las reforestaciones y plantaciones comerciales en diversos escenarios (Hernández-Díaz *et al.*, 2015b). Además, estos simuladores hacen posible llevar una contabilidad actualizada al ingresar los precios y cantidades utilizadas de los insumos y de las ventas en el momento en que se presentan.

2.9.2 Diseños de muestreo

Los diseños de muestreo más utilizados, de acuerdo a Benavides *et al.* (2010) son:

- a) Muestreo sistemático. Consiste en ubicar las muestras de manera sistemática a intervalos previamente establecidos; comúnmente se establece una cuadrícula dentro del área a muestrear, con distancias conocidas entre líneas y entre hileras.
- b) Muestreo completamente al azar. Es un muestreo donde todos los sitios de muestreo (n) tendrán la misma probabilidad de ser elegidos del total de sitios posibles en una población (N). La elección de cada sitio de muestreo debe ser independiente de la elección de los demás sitios de muestreo.

2.9.3 Forma y tamaño de los sitios

Se pueden utilizar diferentes formas de sitio, pueden ser rectangulares, cuadradas o circulares. Autores como Murillo y Camacho (1997) y Benavides *et al.* (2010), entre otros, recomiendan sitios de muestreo circulares, porque son fáciles de establecer y se cubre un máximo de superficie y un mínimo de perímetro.

El tamaño adecuado del sitio depende del espaciamiento entre plantas y de las variables a medir; autores como Torres y Magaña (2001) y Gallegos *et al.*



(2006), recomiendan entre 20 y 30 árboles por sitio, esto permite obtener información confiable y con mayor precisión.

El tamaño del sitio depende del número de árboles por hectárea, en superficies con 500 a 800 árboles por hectárea se recomiendan sitios circulares de 500 m², con un radio de 12.62 m. Para superficies con 900 a 1,200 árboles por hectárea se sugieren sitios circulares de 250 m², con un radio de 8.92 m (Benavides *et al.*, 2010). El tamaño de estos sitios originalmente era con la finalidad de evaluar la supervivencia; sin embargo, han dado buenos resultados para obtener información sobre crecimientos en diámetro y altura, así como en otras observaciones.

Existen otros métodos de muestreo apropiados para plantaciones, como es el método de “tripletas” propuesto por Rojas (2014), el cual consiste en contar y evaluar los árboles en pie, o bien posiciones originales de los árboles, ya sea que estén vivos o no hayan sobrevivido, con una frecuencia de medición cada 33, 25 ó 20 árboles, según la intensidad de muestreo deseada (3%, 4%, 5%, respectivamente).

El punto de inicio del muestreo o ubicación de la primera tripleta se determinará según el tamaño y forma de la plantación (de preferencia en una orilla). Se empieza el conteo de los árboles existentes en pie (o bien las posiciones originales de los árboles) y se avanza sistemáticamente, recorriendo toda la plantación evaluando tres filas a la vez. El llevar la contabilidad con base en la posición original de cada árbol permite determinar en forma simultánea la supervivencia.

2.9.4 Tamaños de la muestra y unidades de muestreo

El tamaño de la muestra está dado por la variabilidad, la probabilidad y el error que se esté dispuesto a permitir. En plantaciones grandes, el tamaño de muestra básico está dado para el muestreo al azar, para lo cual se recomiendan las fórmulas 3 y 4.

$$n = \frac{t^2 s^2}{E^2} \quad (3)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

t = t de student al nivel de probabilidad deseado, puede ser de 95% o 99% y $n-1$ grados libertad

s^2 = varianza estimada de la población

E = error permitido con respecto a la media estimada, que depende de la precisión deseada.



Para estimar la varianza se debe obtener una muestra piloto (premuestreo) de un tamaño arbitrario, no necesariamente grande, y estimar la varianza para sustituirla en la fórmula 3. El número de grados de libertad de la *t* de student debe ser $n-1$, donde n es el tamaño de la muestra piloto.

Si aun así es difícil obtener la varianza de la población, se puede utilizar el coeficiente de variación, de acuerdo a la fórmula 4.

$$n = \frac{t^2 cv^2}{E^2} \quad (4)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

t = *t* de student al nivel de probabilidad deseado, puede ser de 95 % o 99 % y $n-1$ grados libertad

cv = coeficiente de variación

E = error permitido con respecto a la media estimada, que depende de la precisión deseada.

La intensidad de muestreo dependerá de los siguientes aspectos: 1) superficie a inventariar, 2) recursos financieros, 3) precisión requerida, y 4) tiempo para entrega de resultados. Para realizar estimaciones estadísticas confiables, por cada condición existente se deben de obtener por lo menos tres repeticiones. Benavides *et al.* (2010) indican que cuando se desconozcan las características de la plantación y se carezca de una justificación estadística, se puede utilizar la información del Cuadro 6.

Cuadro 6. Intensidad de muestreo, usando como base el tamaño de la plantación.

Superficie (ha)	Intensidad del muestreo (%)
1 a 3.0	2.5
3.1 a 6.0	2.0
6.1 a 10.0	1.5
10.1 a 20.0	1.0
20.1 a 50.0	0.75
> de 50.0	0.5

Otras alternativas de muestreo son:

a) **Hileras estacadas.** Se recomienda en lugares donde es difícil localizar las plantas deseadas debido al rápido crecimiento de las malezas. Consiste en



marcar con estacas hileras de 10 plantas para que sea más fácil su localización en las siguientes evaluaciones. Con ayuda de una brújula establecer un punto de inicio fácil de localizar y colocar una estaca cada 10 plantas a lo largo de un transecto (Landis *et al.*, 2010).

b) Cuadrados de seis por seis árboles. En plantaciones de más de cinco años de edad se han establecido sitios de muestreo de 6x6 árboles, a lo largo de una faja que se delimita en dirección franca; el número de sitios de muestreo depende de la superficie plantada (Benavides *et al.*, 2010). En los ensayos donde se ha probado esta metodología se han considerado superficies de 10 ha, con una intensidad de muestreo del 1.5 %, con 35 sitios de muestreo, tomando información de 36 árboles por sitio.

2.9.5 Evaluaciones en plantaciones con especies tropicales

Para plantaciones de especies tropicales en los Tuxtlas, Veracruz, Vega (2013) propone un muestreo estratificado al azar. Los sitios de muestreo deben ser circulares de 100 m² (5.64 m de radio) por su facilidad de manejo en campo, y se deben considerar tres sitios de muestreo por sitio plantado; el primer sitio se ubica al azar, el segundo a 25 m con rumbo Norte franco del primero y el tercero a 25 m del segundo en rumbo Este franco (Figura 6).

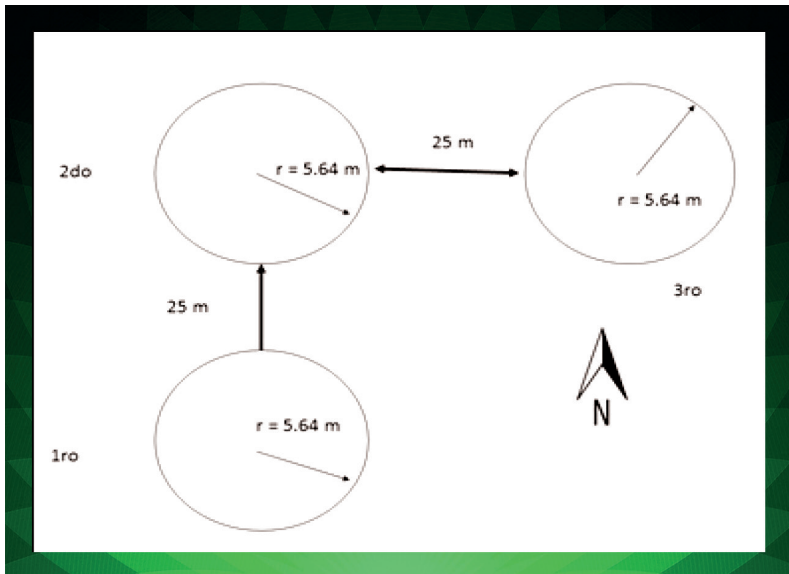


Figura 6. Tamaño y secuencia de sitios de muestreo (Tomado de Vega, 2013).



2.10 El factor social y su relación con las reforestaciones

En México el desarrollo forestal sustentable tiene desafíos relevantes, entre ellos detener el avance de la deforestación de bosques y selvas y aumentar la producción de bienes y servicios derivados del bosque. Lo anterior con el objeto de mejorar la producción y productividad del bosque natural, a través de diversos esquemas de establecimiento de plantaciones forestales para restauración o con fines industriales y comerciales (Simula *et al.*, 2011).

Con relación a las plantaciones forestales comerciales, persisten barreras importantes para esta actividad, tal como la sobrerregulación, restricciones a la introducción y desarrollo de especies exóticas de alta productividad, incentivos fiscales escasos y subsidios poco competitivos, con respecto a los que tienen otros países e incluso otros sectores a nivel nacional, ausencia de estimaciones de costos y beneficios, falta de estudios de mercado y planes de negocio.

Además, los productos de las reforestaciones por lo general no están enfocados a satisfacer la demanda del mercado, todo ello aunado al *“limitado conocimiento de esta actividad por parte de las personas dueñas y poseedoras de terrenos y la falta de confianza de los inversionistas para asociarse con el sector social para el desarrollo de proyectos de plantaciones forestales comerciales”* (Secretaría de Gobernación, 2014).

Los proyectos de restauración, rehabilitación, reforestación y plantaciones forestales deben de responder a objetivos múltiples de tipo ambiental, económico y social, ya que, si la degradación forestal continúa, se ocasionará disminución de la productividad forestal, con consecuencias a nivel local y nacional.

Específicamente, ejidos y comunidades forestales han enfrentado problemas internos que han dificultado conciliar sus propios objetivos y estrategias con las actividades empresariales para su desarrollo integral. Estas dificultades incluyen, entre otras: intereses entrelazados de formas tradicionales de gobernar la comunidad y el manejo empresarial, rotación de la autoridad (cada tres años), asuntos relacionados con el manejo económico y las estrategias empresariales, así como la corrupción y el manejo no transparente (Greenpeace México, 2011).

Al mismo tiempo, ha sido limitada la participación de las comunidades locales con *enfoque participativo*, ya que no han tenido precisión en la garantía del flujo de beneficios económicos para su población, por lo que, si se carece de beneficios tangibles, fácilmente pierden el interés en mantener áreas reforestadas.

La participación de la comunidad local en proyectos de restauración y plantaciones forestales depende de la relación beneficio/costo, toda vez que los beneficiarios locales consideran que la producción sustentable de madera es



viable, rentable y realista. Por ello, es fundamental considerar el papel de los ejidos y comunidades forestales como actores directos beneficiarios, y a la vez claves para hacer frente a los desafíos y problemática interna.

La población de ejidos y comunidades forestales puede tener una contribución importante en la restauración de las áreas degradadas, ya que puede aumentar los efectos de la regeneración natural de bajo costo, mediante la protección contra incendios, pastoreo incontrolado y tala ilegal; pero requiere tener claros los incentivos que recibirá por su contribución.

Tomando como base el análisis antes referido, se plantean las siguientes estrategias para promover y fortalecer la apropiación y compromiso social, en particular de ejidos y comunidades forestales, para lograr mejores beneficios sociales, económicos y ambientales.

- Instrumentar modelos de gestión estratégica participativa para el desarrollo forestal comunitario sustentable, que considere actividades de sensibilización, diagnósticos y planeación participativa, definición de líneas de acción comunitarias y priorización de proyectos, elaboración de planes de manejo o de ordenamientos territoriales a escala comunitaria para definir áreas de conservación de los recursos, prácticas de manejo, reforestaciones, plantaciones forestales comerciales, así como capacitación y acompañamiento para la gestión integral.
- Crear y fortalecer mecanismos con poder adaptativo, de incentivos económicos y financieros para beneficio de las comunidades locales, que permitan demostrar el impacto económico y social de los proyectos de reforestación y plantaciones forestales comerciales.
- Fortalecer el capital humano y social en ejidos y comunidades forestales, implementando prácticas de concientización y organización para el desarrollo forestal sustentable y en particular con relación a las reforestaciones.
- Fomentar alianzas entre instituciones de enseñanza e investigación, ONGs y las comunidades locales, para garantizar procesos de investigación basados en la demanda y que se compartan las responsabilidades para apoyo al desarrollo forestal comunitario y en específico para la realización de reforestaciones y plantaciones forestales comerciales.



Referencias Bibliográficas

- Benavides S., J. D.; Rubio C., E. A. y Rueda S., A. 2010. Manual para toma de datos de plantaciones forestales. Folleto Técnico Núm. 11. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, CIRPAC, INIFAP. Guadalajara, Jalisco, México. 50 p.
- Capó A.; M. A. 2015. Metodología de la Reforestación. Saltillo, Coahuila, México. 198 p.
- Colegio de Postgraduados. 2008. Evaluación externa: ejercicio fiscal 2007. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 102 p.
- Conkle, M. J. 2004. Zonificación de semillas en México. En: Vargas H., J. J.; Bermejo V., B.; y Ledig, F. T. (eds.). 2004. Manejo de Recursos Genéticos Forestales. 2a. ed. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México y Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco. Pp: 52-64. Consultado en: http://www.fs.fed.us/global/nafc/genetics/2005/manejo%20forestal_CON_3.pdf. (Mayo 2016).
- Flores F., C.; López U., J. y Valencia M., S. 2014. Manual técnico para el establecimiento de ensayos de procedencia y/o progenie. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jal. Consultado en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/6689Manual%20T%C3%A9cnico%20para%20el%20Establecimiento%20de%20Ensayos.pdf> (Agosto 2016).
- Gallegos R., A.; Aguirre C., O. A. y González C., G. A. 2006. Optimización de Inventarios Forestales para Manejo Forestal de un Bosque Tropical en Jalisco, México. Memorias del 4to. Simposio Internacional IMFOR. Publicación en libro electrónico ISBN 959-16-0408-4, pp: 171- 184.
- González-Río, F.; Castellanos, A.; Fernández, O.; Gómez, C. 2000. Manual técnico de selvicultura del Eucalipto. Consultado en: <http://www.agrobyte.com/publicaciones/eucalipto/>. (Diciembre 2016).
- Greenpeace de México. 2011. (R) evolución forestal: hacia una nueva política forestal para detener el cambio climático. México, D.F.
- Hernández-Díaz, J. C., Prieto-Ruíz, J. A.; Pérez-Verdín, G.; Wehenkel, Ch.; Pompa-García, M.; Lara-Villa, R.; Luján-Álvarez, C. y Olivas-García, J. M. 2015a. Simulador de costos de producción de planta en viveros (SIMCOVIV) (Versión v.1) Manual del usuario. Registro ante el INDAUTOR 03-2015-051811111500-01.



- Hernández-Díaz, J. C.; Prieto-Ruíz, J. A.; Pérez-Verdín, G.; Wehenkel, Ch.; Pompa-García, M.; Lara-Villa, R. y González-Guillén, M. J. 2015b. Simulador para estimar costos en plantaciones forestales y reforestaciones (SIMCOPLAN) (versión v.1). Registro ante el INDAUTOR. 03-2015-051811065500-01.
- Hernández-Velasco, J.; Hernández-Díaz, J. C.; Fladung, M.; Cañadas-López, A.; Prieto-Ruíz, J. A. and Wehenkel, Ch. 2016. Spatial genetic structure in four *Pinus* species in the Sierra Madre Occidental, Durango, Mexico. *Canadian Journal of Forest Research*. 47(1): 73-80.
- Landis, T. D.; Dumroese, R. K., y Haase, D. L. 2010. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor: Volumen 7. Preparación de la planta, almacenamiento y plantación. Manual Agrícola 674. Washington, D. C. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal. USA. pp.: 210-213.
- Loo, J. A. 2001. Manual de genética de la conservación: Principios aplicados de genética para la conservación de la biodiversidad. Comisión Nacional Forestal. Zapopan, Jal. Consultado en: <http://www.fs.fed.us/global/nafc/genetics/2013/manualgeneticaconservacion.pdf>. (Julio 2016).
- Mas P., J. 2003. Guía práctica para el establecimiento de plantaciones forestales. Boletín técnico No. 5. Comisión Forestal del estado de Michoacán, México. 53 p.
- Murillo, O. y Camacho, P. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía Costarricense*. 21(2):189-206. Consultado en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v21n02_189.pdf (Octubre 2016).
- Reyes-Murillo, C. A.; Hernández-Díaz, J. C.; Heinze, B., Prieto-Ruíz, J. A.; López Sánchez, C. A. and Wehenkel, C. 2016 Spatial genetic structure in seed stands of *Pinus lumboltzii* Robins & Ferns in Durango, Mexico. *Tree Genetics & Genomes*. 12-64.
- Rojas G., J. G. 2014. Sistema de inventario forestal continuo para reforestación grupo internacional rgi s.a. zona norte. Costa Rica. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 66 p.
- Secretaría de Economía. 2016a. Norma Mexicana NMX-AA-169-SCFI-2016. Establecimiento de Unidades Productoras y Manejo de Germoplasma Forestal. Especificaciones Técnicas. (cancela a la NMX-AA-169-SCFI-2014). Ciudad de México. 127 p.



- Secretaría de Economía. 2016b. Norma Mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016. Certificación de la operación de viveros forestales (Cancela a la NMX-AA-170-SCFI-2014). Ciudad de México. 194 p.
- Secretaría de Gobernación. 2014. Programa Nacional Forestal 2014-2018. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Gobernación. Ciudad de México. Consultado en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342551&fecha=29/04/2014 (Diciembre 2016).
- Simula, M.; El-Lakany, H.; Tomaselli, I. 2011. Restauración, rehabilitación, reforestación y plantaciones forestales. ITTC-JC(XLV)/2 – Anexo II 26 de septiembre de 2011. Consejo Internacional de Maderas Tropicales. Guatemala.
- Torres R., J. M. y Magaña T., O. S. 2001. Evaluación de Plantaciones Forestales. Editorial Limusa. México, D.F. 472 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2007. Ejercicio Fiscal 2006: Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 107 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2010. Informe de evaluación externa: De los apoyos de reforestación, ejercicio fiscal 2009. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 140 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2011. Indicadores de gestión de desempeño del programa PROCOREF durante el ejercicio fiscal 2010. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 206 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2012. Evaluación complementaria del PROCODEF: ejercicio fiscal 2011. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 293 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2014. Informe final de resultados: del monitoreo y evaluación complementaria de los apoyos de reforestación y suelos 2012. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 276 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2015. Monitoreo de restauración forestal y reconversión productiva 2014: en el marco de los apoyos del programa nacional forestal, otorgados por la comisión nacional forestal. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 276 p.
- Universidad Autónoma de Nuevo León. 2008. Evaluación externa: ejercicio fiscal 2008, Informe nacional. Comisión Nacional Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León. 197 p.



- Vargas H., J. J.; Bermejo V., B.; y Ledig, F. T. (eds.). 2004. Manejo de Recursos Genéticos Forestales, 2ª. ed. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México y Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco. Consultado en: http://www.fs.fed.us/global/nafc/genetics/2005/manejo%20forestal_CON_3.pdf. (Julio 2016).
- Vega A., A. 2013. Evaluación de las plantaciones forestales comerciales establecidas entre 1994 y 1996 en los Tuxtlas, Ver. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 104 p.





CAUSAS DE MORTALIDAD DE LAS REFORESTACIONES Y PROPUESTAS DE MEJORA

José Ángel Prieto Ruíz¹
Arnulfo Aldrete²
José Ciro Hernández Díaz³
José Rodolfo Goche Télles¹

¹Facultad de Ciencias Forestales.
Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo.
jprieto@ujed.mx; jgoche@ujed.mx

²Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
aaldrete@colpos.mx

³Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera.
Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo.
jciroh@ujed.mx



3.1 Causas de mortalidad en las reforestaciones

Las tasas de mortalidad y las causas de las mismas en las reforestaciones que se han realizado en México, con apoyos presupuestales del Gobierno Federal a través de la CONAFOR, es un tema que se ha estado tratando desde hace cerca de 20 años, donde se han propuesto diversas soluciones; sin embargo, los avances han sido poco significativos.

Por ejemplo, durante el período 2006-2014, excepto 2007, las tasas de mortalidad promedio a nivel nacional variaron del 47 al 70%, con un promedio del 57% (Figura 7), sin que exista una tendencia definida de mejora a través del tiempo, lo que significa que siguen existiendo causas de fondo que ocasionan la mortalidad y siguen sin resolverse. Ello, independiente de factores de tipo ambiental, como puede ser la sequía, fríos extremos o la existencia de suelos pobres.

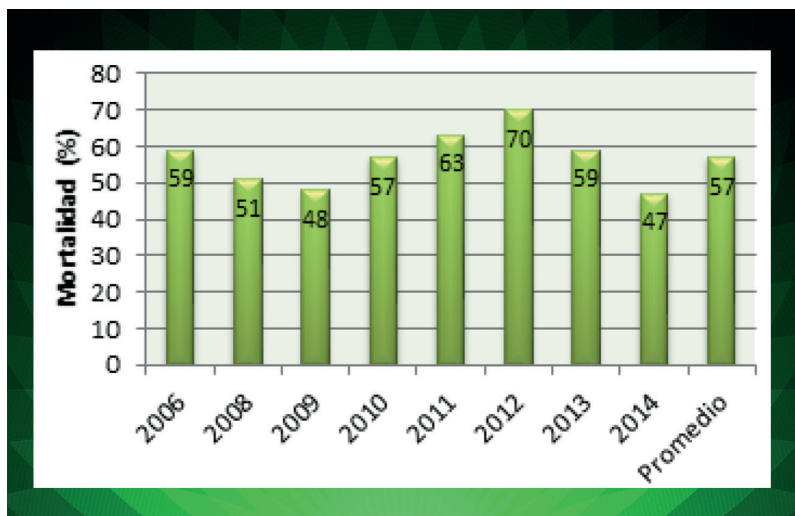


Figura 7. Mortalidad promedio, por año, en las reforestaciones establecidas en los años 2006 a 2014, excepto 2007.

Con base en los resultados de evaluaciones realizadas a nivel nacional, durante el periodo 2006-2014, con excepto 2013, las causas de mortalidad de las reforestaciones son las siguientes: sequía (42.4%), fechas inapropiadas de plantación (9.7%), plantas de mala calidad (9.2%), competencia con vegetación (7.6%) y pastoreo (7.3%), lo que da un total parcial de 76.2%, mientras que otras causas de mortalidad suman el 23.8% restante y en forma separada cada causa es menor al 5% (Cuadro 8).



Cuadro 8. Causas de mortalidad de las reforestaciones en México.

Causa de muerte	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2006
Sequía	18.5	29.9	55.1	47.9	49.5	47.7	48	19	42.4
Fecha inadecuada plantación	36.2	18.7	3.2	4.1	7.7	10.5	7	17	9.7
Planta baja calidad	135	9	7.6	13.2	7.4	15.9	5	6.5	9.2
Competencia con vegetación	6.1	6.5	3	7	4.9	6.1	7	19	7.6
Pastoreo	5.1	9	5.3	12.6	5.5	3.9	5	9.7	7.3
Especie inapropiada	2.7	1.8	1.4	3.4	2.7	2.6	9	9.3	4.3
Fauna nociva	2.7	4.7	3.5	2.4	1.5	1.1	5	7.8	3.7
Heladas	2.5	1.1	0.6	1	6.1	5.3	3	0	2.4
Incendios	1.9	1.1	0.8	1.8	4.1	1.9	4	1	2.1
Técnica inadecuada plantación	2.1	2.2	1.9	1.8	1	1.1	2	4.3	2
Sin respuesta	0	0	10.7	0	2.8	0	0	0	1.9
Sin mortandad	3.9	3.6	1.1	1.5	1.1	0.3	0	0	1.1
Inundación	1	0.4	0	0.6	1.2	1.3	1	1.9	0.9
Plagas y/o enfermedades	2.2	1.8	0.7	1.7	1.6	0	0	0	0.8
Cambio uso de suelo	0.5	1.1	0.3	0.5	0.9	0	0	1.4	0.6
Vandalismo	0.1	0	0	0	0.3	0.6	0.16	10	0.3

Fuente: Colegio de Postgraduados (2008); Universidad Autónoma Chapingo (2007; 2010; 2011; 2012; 2014 y 2015); Universidad Autónoma de Nuevo León (2008).

3.2 Propuestas para reducir la mortalidad

A continuación, se describe cómo influye cada factor crítico en la mortalidad de las plantas y se proponen acciones a realizar para contrarrestar dichos efectos adversos.



3.2.1 Sequía

Problema. Se le conoce como sequía al tiempo seco de larga duración, donde el agua de lluvia disponible de una determinada región es inferior a los parámetros habituales, lo que hace que sea insuficiente para satisfacer las necesidades fisiológicas de las plantas. En ese sentido, la planta no logra adaptarse a las condiciones limitantes de humedad prevalecientes durante el primer año después de que termina el período de lluvias y presenta mortalidad.

Tal situación se debe a factores como: condiciones de humedad variables e inferiores al promedio anual, plantado durante el período final de la temporada de lluvias, lo que ocasiona que el sistema radical no alcance a enraizar lo suficiente para mantener el suministro de humedad durante el período de estiaje, temperaturas bajas extremas durante el invierno, que provocan estrés en las plantas debido a su escaso desarrollo del sistema radical, plantación de especies y/o procedencias inadaptadas a condiciones de escasez de humedad, preparación inapropiada del terreno con base en las características del sitio y uso de planta de baja calidad.

Propuesta de solución. Plantar oportunamente durante la primera mitad de la temporada de lluvias; de preferencia utilizar especies locales o por lo menos especies y procedencias adecuadas para las condiciones de temperatura y humedad prevalecientes, así como resistentes a las condiciones extremas de temperatura y estiaje que pudieran presentarse; tomar en cuenta las propiedades del suelo; utilizar planta que tenga las características morfológicas y fisiológicas acordes a la norma mexicana NMX-170-SCFI-2016; preparar el terreno en forma suficiente para que el área de la raíz esté blanda, considerando las características del suelo (profundidad, dureza, etcétera).

Entre las actividades recomendables para preparar el terreno, dependiendo de las particularidades de cada sitio, está el subsolado, el rastreo, el terraceo, el surcado en contorno y a nivel, tinas ciegas, así como zanjas trincheras y cajetes para conservar la humedad. Otra posibilidad es aplicar riegos de auxilio después de realizar obras para la conservación de suelo y agua.

3.2.2 Fecha inadecuada de plantación

Problema. Plantar tardíamente contribuye a que la planta disminuya sus posibilidades de arraigo en el sitio de plantación. En las reforestaciones efectuadas en el último tercio del periodo de lluvias la cantidad de humedad disponible disminuye en forma considerable. En el norte y centro del País normalmente las últimas lluvias de verano ocurren desde principios de julio hasta finales del mes de septiembre y después pasa una etapa de transición, con temperaturas



desde muy altas a muy bajas, en el invierno, lo que propicia que el metabolismo de las plantas disminuya y en consecuencia el desarrollo del sistema radical se reduzca. Al finalizar las lluvias de verano la planta sólo volverá a tener humedad en abundancia hasta el próximo periodo de lluvias.

Propuesta de solución. Para cada región debe buscarse el inicio y fin del período apropiado para plantar. Por ejemplo, en climas templados la temporada de lluvias se concentra en un período aproximado de dos a tres meses, ahí es ideal plantar desde el inicio de ese período y cuidar que en la fecha de plantación más tardía quede todavía por lo menos un mes de lluvias. En el norte y centro del País es recomendable reforestar al inicio del mes de julio y a más tardar hasta mediados de agosto.

Para predecir una fecha probable de inicio del plantado, considerar datos históricos relativos a la precipitación media, así como a las temperaturas máximas, mínimas y medias, pues estas variables suelen tener un comportamiento cíclico año con año. También, es importante considerar las acciones de manejo que será posible realizar, antes y después de plantar, en particular la preparación adecuada y oportuna del terreno, tomando en cuenta el periodo y la cantidad de precipitación esperada.

3.2.3 Planta de baja calidad

Problema. La calidad de planta se refiere a su condición morfológica y fisiológica para sobrevivir y desarrollarse en el sitio de plantación. Cuando la calidad es deficiente limita su arraigo y crecimiento en los sitios reforestados.

En ocasiones se utiliza planta con características deficientes, como: diámetro del cuello inferior a 4 mm y altura menor a 12 cm, salvo en especies cespitosas, sistema radical con pocos puntos de crecimiento, raíces envejecidas y enrolladas en la parte final del envase debido a la falta de una adecuada poda natural o por qué estuvo demasiado tiempo en el contenedor, planta clorótica con signos evidentes de deficiencias nutrimentales, desbalance entre altura y diámetro con relación al tamaño del envase, planta suculenta y con poca lignificación, planta con evidencia de daño mecánico o presencia de plagas y/o enfermedades, planta raquílica.

Propuesta de solución. Usar planta que reúna las características morfológicas y fisiológicas indicadas en la norma mexicana NMX-170-SCFI-2016 (Secretaría de Economía, 2016). Utilizar plantas sanas, sin daños físicos o mecánicos y sin deformaciones en la parte aérea o el sistema radical.



Realizar análisis foliares para conocer la cantidad de N-P-K asimilado en las plantas y procurar que la aportación de nutrimentos sea adecuada para el desarrollo óptimo de las plántulas, empaquetar y transportar la planta en forma apropiada, plantar inmediatamente después de que las plantas son trasladadas al sitio de plantación y fertilizar al plantar considerando las necesidades de la planta en función de la condición nutricional del suelo en cada sitio.

3.2.4 Competencia con vegetación

Problema. La competencia de las plantaciones con otra vegetación ocurre por humedad, nutrientes, luz y espacio, debido que las plántulas recién plantadas poseen baja habilidad competitiva hacia las malezas, lo que provoca que pierdan vigor. Lo anterior puede reflejarse un crecimiento raquítico o deficiente que puede ocasionar la muerte de la planta.

Propuesta de solución. Evitar la presencia de maleza o controlarla para contrarrestar los efectos adversos que puede provocar; ello implica su remoción manual o su eliminación mediante algún método mecanizado, biológico o químico.

3.2.5 Pastoreo

Problema. La presencia de ganado, de cualquier tipo, es perjudicial a la planta recién establecida, puesto que puede provocarle daños físicos o la muerte por pisoteo o ramoneo; además, destruye los cajetes y compacta el suelo.

Propuesta de solución. Proteger la planta de animales, mediante el cercado de las áreas reforestadas y concientización a los habitantes de las localidades cercanas sobre la importancia de proteger las áreas reforestadas, principalmente durante los primeros años de establecidas.

3.2.6 Plantado de especies y/o procedencias inapropiadas al sitio

Problema. A menudo, en la selección de la procedencia y/o especie a plantar no se consideran las características ambientales (humedad, temperatura, luminosidad), edáficas (tipo y profundidad del suelo) y fisiográficas (topografía, exposición) del sitio específico de plantación. Cada especie tiene necesidades específicas de estos factores, las cuales determinan la adaptabilidad y rendimiento de las plantaciones y reforestaciones; por ello, una selección inadecuada de especies y/o procedencias, tiene como consecuencia altas tasas de mortalidad y crecimientos deficientes.



Propuesta de solución. Utilizar especies y/o procedencias nativas y adaptadas a las condiciones climáticas, edáficas y fisiográficas de cada lugar. Por lo tanto, previo al plantado debe caracterizarse el sitio de plantación y con base a ello seleccionar los materiales vegetales que tengan mayores posibilidades de sobrevivir y desarrollarse en forma adecuada.

3.2.7 Fauna nociva

Problema. En ciertos sitios existe fauna silvestre nociva, que incluye en particular algunos roedores (liebres y tuzas) y defoliadores (hormigas). La liebre es común en zonas semiáridas, rasca la corteza de las plantas o se alimenta de ellas provocando daños parciales o totales a las reforestaciones. Las tuzas generalmente cortan el tallo en la parte de la unión con las raíces de las plantas.

Propuesta de solución. Utilizar planta lignificada para reducir el daño; proteger a las plantas después de la reforestación. Monitorear la reforestación periódicamente para detectar posible presencia de fauna nociva y controlarla oportunamente.

3.2.8 Heladas

Problema. En ciertos sitios la presencia de temperaturas bajas extremas puede provocar daños parciales o totales a los tejidos de las plantas, principalmente cuando están suculentas.

Propuesta de solución. Reforestar con planta de buena calidad, que esté lignificada; pero, sobre todo emplear especies y/o procedencias adaptadas a condiciones de estrés por bajas temperaturas extremas.

3.2.9 Incendios

Problema. Esta condición suele ocurrir cuando existe exceso de material combustible en el sitio de plantación, debido a que previamente no se hizo una limpieza adecuada. El fuego puede causar daños severos a las plantas, en particular si se encuentran en estado de brinjal e inclusive puede provocar la muerte de las reforestaciones.

Propuesta de solución. Antes de plantar debe eliminarse el exceso de material combustible, hacer brechas cortafuego cada cierta distancia (y en forma perimetral al área reforestada), así como mantener limpios los caminos y eliminar las malezas después del periodo de lluvias.



3.2.10 Técnicas inadecuadas de preparación del terreno

Problema. La preparación deficiente del terreno donde se plantará es un factor determinante que influye en la captación y retención de agua disponible para las plantas fuera del periodo de lluvias; además, el suelo removido es importante para facilitar que las raíces se establezcan con rapidez y sin restricciones por la dureza del mismo.

Propuesta de solución. Preparar el terreno con base a sus características y la disponibilidad de recursos. Independientemente de la técnica de preparación del terreno a utilizar (manual o mecanizada), es importante que el volumen de suelo removido sea suficiente para que el sistema de raíz no tenga problemas para su fijación. En la mayoría de los casos se usa planta con cepellón de 15 a 20 cm de largo, en estos casos se recomienda que la profundidad mínima sea dos a tres veces el largo del cepellón; entre más pobre sea la condición de nutrientes y dureza del suelo, mayor debe ser la profundidad de roturación del suelo.

3.2.11 Técnicas inadecuadas al plantar

Problema. Cada planta que se coloca en forma inadecuada en el sitio de plantación, a futuro tendrá problemas para sobrevivir y crecer en forma apropiada. Una planta está mal plantada si queda ladeada, se entierra demasiado cubriendo de suelo el tallo, se deja arriba quedando descubierta una parte de la raíz, no se apisona, lo que provoca exceso de aireación y después puede causar que el agua descubra parte del cepellón, se pone demasiada tierra a la cepa o cajete, lo cual impedirá que se acumule agua suficiente que podría mantener por más tiempo la humedad en la zona de la raíz.

Otros problemas son: dejar dobladas o enrolladas las raíces, dificultará que se arraiguen en el terreno, colocar el cepellón al fondo de la cepa y en contacto con suelo compacto no removido, lo que causará un desarrollo radical más lento; plantar en un suelo anegado y con poca aireación, puede asfixiar a las raíces o por lo menos reducir la adaptación de la planta al sitio, plantar con poco suelo debido a la excesiva presencia de raíces de otras plantas, malezas o piedras, suele causar exceso de ventilación y desecación de las raíces, incluso, en ocasiones se comete el error de plantar con la bolsa de plástico, lo cual evita el desarrollo de las raíces.

Propuesta de solución. Capacitar y asesorar al personal operativo previo al inicio del proceso de reforestación, así como monitorear sobre el avance de las actividades de plantación; además, para plantar utilizar la herramienta adecuada.



Nunca deberá suponerse que todo el personal operativo sabe plantar, pues inclusive, aunque algunos plantadores pueden tener experiencia, con frecuencia no están conscientes de las repercusiones a mediano y largo plazo que puede tener el hacer con descuido los trabajos. Por lo tanto, es necesario asegurarse de que el personal encargado de la capacitación, asesoría y monitoreo, antes y durante la plantación, esté capacitado y que entienda bien los aspectos técnicos relacionados con la forma de plantar.

En cuanto a utilizar las herramientas adecuadas, es evidente su importancia, pues sin éstas es difícil asegurar un buen plantado; además, los rendimientos durante la plantación podrían disminuir.

3.2.12 Exceso de humedad

Problema. En algunos sitios la planta se ve expuesta a exceso de humedad por estar en bajíos o sitios siempre húmedos, lo que provoca crecimiento lento o incluso la muerte, por no estar adaptada a condiciones de este tipo.

Propuesta de solución. Evitar plantar en sitios con exceso de humedad o bien, utilizar especies adaptadas a esas condiciones. Si no existe otra alternativa y se tiene que plantar en esas condiciones, realizar alguna práctica para mejorar el drenaje en el sitio de plantación.

3.2.13 Plagas o enfermedades

Problema. En ocasiones se utilizan plantas con presencia de plagas o enfermedades al momento de plantar. La afectación a las plantas por agentes bióticos, como las plagas y enfermedades, puede alterar su metabolismo y causarles la muerte parcial o total, lo que influirá en el crecimiento e incluso en la supervivencia de las reforestaciones. Algunas plagas y enfermedades que pueden presentarse son: gallina ciega, barrenadores de yemas y pudrición o muerte de raíz o follaje causada principalmente por hongos, entre otras.

Propuesta de solución. Utilizar planta sana, libre de plagas y/o enfermedades. Así mismo, monitorear en forma periódica la condición de la plantación y del posible riesgo de ser afectada por plagas y/o enfermedades. Cuando se presenten problemas fitosanitarios realizar las acciones pertinentes para su control.

3.2.14 Vandalismo

Problema. En ocasiones las reforestaciones son dañadas por personas mediante el pisoteo de las plantas, su corte o extracción en forma deliberada e injustificada.



Propuesta de solución. Realizar labores de concientización de la importancia de las reforestaciones, mediante pláticas, letreros o trípticos, destacando los beneficios ambientales, sociales y financieros para los dueños de las mismas y para los pobladores de zonas aledañas a las mismas.

3.2.15 Falta de educación y compromiso

Problema. Aunque algunas causas de mortalidad en las reforestaciones se deben a consideraciones de tipo biótico y abiótico, sin duda el factor humano ha sido un elemento trascendental en los resultados obtenidos a la fecha. Así, la falta de conciencia de la importancia que tienen las reforestaciones, ha propiciado indiferencia y desinterés, esto ha provocado incumplimiento en los compromisos contraídos, poca participación de algunos de los actores que participan en la cadena productiva. En otros casos existen deficiencias en el manejo técnico de los procesos (colecta y manejo de semilla, producción de planta y establecimiento de las plantaciones).

Burney *et al.* (2015) en un análisis que hicieron sobre la situación de la deforestación en México, consideran que uno de los aspectos que ha afectado seriamente a las reforestaciones es la falta de educación.

Propuesta de solución. Una clave para favorecer las reforestaciones es hacer una planificación adecuada de las actividades a realizar. Esto debe incluir el origen adecuado de la semilla, así como su colecta y manejo, la producción de la planta objetivo, la preparación del sitio, el transporte de la planta, el plantado y los cuidados posteriores.

La consolidación de los viveros y la mejora de la tecnología, la capacitación y la educación continua del personal de vivero y de los administradores locales de reforestación, son necesarias para asegurar sistemas forestales sostenibles (Burney *et al.*, 2015).

Paralelo a ello, deben realizarse talleres para capacitar a las personas de comunidades involucradas en este tipo de actividades. Los detalles de estos programas de educación también podrían incluir carteles y guías ilustradas, especialmente si el lenguaje es una preocupación (analfabetismo o lengua indígena) (Burney *et al.*, 2015).



Referencias Bibliográficas

- Burney, O.; Aldrete, A.; Álvarez R.; R.; Prieto R., J. A.; Sánchez V., R. and Mexal, J. G. 2015. México—Addressing Challenges to Reforestation. *Journal of Forestry*. 113(4):404 – 413.
- Colegio de Postgraduados. 2008. Evaluación externa: ejercicio fiscal 2007. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 102 p.
- Secretaría de Economía. 2016. Norma Mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016. Certificación de la operación de viveros forestales (Cancela a la NMX-AA-170-SCFI-2014). Ciudad de México. 194 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2007. Ejercicio Fiscal 2006: Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 107 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2010. Informe de evaluación externa: De los apoyos de reforestación, ejercicio fiscal 2009. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 140 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2011. Indicadores de gestión de desempeño del programa PROCOREF durante el ejercicio fiscal 2010. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 206 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2012. Evaluación complementaria del PROCODEF: ejercicio fiscal 2011. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 293 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2014. Informe final de resultados: del monitoreo y evaluación complementaria de los apoyos de reforestación y suelos 2012. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 276 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2015. Monitoreo de restauración forestal y reconversión productiva 2014: en el marco de los apoyos del programa nacional forestal, otorgados por la comisión nacional forestal. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 276 p.
- Universidad Autónoma de Nuevo León. 2008. Evaluación externa: ejercicio fiscal 2008, Informe nacional. Comisión Nacional Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León. 197 p.





LAS REFORESTACIONES EN MÉXICO
PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN



ANÁLISIS DE FORTALEZAS, OPORTUNIDADES, DEBILIDADES Y AMENAZAS

José Ángel Prieto Ruíz¹
José Ciro Hernández Díaz²
Arnulfo Aldrete³
José Rodolfo Goche Télles¹
Christian Wehenkel²

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo.
jprieto@ujed.mx; jgoche@ujed.mx

²Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera.
Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo.
jciroh@ujed.mx; wehenkel@ujed.mx

³Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
aaldrete@colpos.mx



Derivado de diversas evaluaciones, que cada año realizan algunas instituciones de enseñanza e investigación, por encargo de la CONAFOR y con apoyo financiero de la misma, y de la experiencia de los autores, en este capítulo se analizan las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de los procesos de reforestación llevados a cabo; asimismo, se proponen recomendaciones para mejorar dichas actividades. Debido a que para cada subtema se consideraron varias fuentes de consulta, las mismas sólo se enlistan al final del capítulo.

4.1 Fortalezas

- Existen apoyos económicos y técnicos del gobierno Federal, a través de la CONAFOR y de los Estados, que fomentan acciones de reforestación y restauración de suelos en las áreas forestales.
- Se cuenta con personal técnico con experiencia en los procesos de colecta y manejo de germoplasma, de producción de planta, así como de establecimiento, protección y mantenimiento de plantaciones forestales.
- Los programas de reforestación tienen más de 20 años en operación, lo que ha generado experiencia de los dueños y poseedores de los recursos forestales, de funcionarios y del personal operativo de estos programas.
- Con base en la experiencia acumulada, se han propuesto áreas prioritarias para reforestar y en los últimos años se ha trabajado bajo un esquema focalizado de reforestación.
- Los dueños y poseedores de los recursos, cada vez tienen más conciencia de la importancia de las actividades de restauración y reforestación.
- Durante el proceso de reforestación se trabaja en grupos multidisciplinarios, lo que favorece que se cubran todos los eslabones de la cadena productiva.
- Existe gran variedad de ambientes y especies con alto potencial productivo y de restauración, lo que permite cubrir a nivel nacional las áreas que tienen procesos de degradación importantes.
- La cobertura geográfica que han logrado los proyectos de reforestación, ha generado interés de otros productores para participar en acciones de este tipo.
- Los viveros apoyados por la CONAFOR cuentan con la infraestructura necesaria para producir planta de calidad. Este requisito se fortalece con la norma mexicana NMX-170-SCFI-2016 “Certificación de viveros forestales”.



- Existe disponibilidad de tecnologías eficientes para producir de planta de calidad.

4.2 Debilidades

Las siguientes debilidades no necesariamente están generalizadas; sin embargo, son frecuentes y en su conjunto repercuten en resultados deficientes de los programas de reforestación.

- Se desconoce la calidad genética de la semilla utilizada y con frecuencia es baja, al no provenir de UPGF certificadas.
- Son insuficientes las Unidades Productoras de Germoplasma Forestal (UPGF) para abastecer las necesidades de germoplasma de alta calidad.
- Existe desconocimiento del manejo de germoplasma y la biología de las especies potenciales y deseables para reforestación, esto limita el número de especies utilizadas.
- Se carece de una planeación previa de las especies y procedencias a ser reproducidas, con base a las necesidades de los sitios de reforestación.
- Se identifican tardíamente las áreas a reforestar, lo que limita caracterizarlas en forma adecuada, y en función de ello planear todo el proceso de reforestación.
- No se hacen caracterizaciones ecológicas, fisiográficas, climáticas y edafológicas de las áreas a reforestar, para definir con mayor precisión los requerimientos de preparación del terreno, especies, densidades de plantación, protección y mantenimiento.
- La cantidad de especies producidas no considera las necesidades específicas de cada hábitat y con frecuencia su destino no corresponde con los orígenes de cada lote de semillas.
- Las actividades de producción de planta y de reforestación suelen iniciar tardíamente.
- La diversidad de especies usadas es mínima; se usa la misma especie para fines diferentes.
- Falta de capacitación a los operadores y beneficiarios en el manejo y traslado de la planta, lo que ocasiona altas condiciones de estrés y mortandad antes de la plantación.
- En ocasiones los trabajos de reforestación se realizan en fechas inadecuadas



(preparación del terreno, traslado de planta, plantado, cercado, etcétera).

- Algunas acciones de plantado se realizan en forma deficiente debido a la falta de compromiso de los ejecutores y a su capacitación inadecuada.
- La asistencia técnica llega a ser esporádica y deficiente.
- Se carece de análisis detallados de costos y beneficios de las reforestaciones, que permitan compararlos contra otras opciones de uso de los recursos y terrenos disponibles, como la ganadería, la agricultura o simplemente dejar abandonadas esas áreas.
- Se cumplen parcialmente los compromisos en la operación de los programas, por parte de algunos beneficiarios y asesores técnicos.
- Falta mejorar la planeación de los procesos de reforestación y existe desorganización de los beneficiarios.
- Existe desvinculación con instituciones cuyos objetivos incluyen la conservación y restauración de ecosistemas forestales.
- Se carece de un programa integral que armonice las diversas fases de la reforestación en aspectos como: calidad genética y origen de cada lote de semilla, objetivos a lograr en cada sitio a reforestar, selección de especies y procedencias y producción de planta de calidad.
- Falta un programa integral para realizar seguimiento y el mantenimiento a las plantaciones, mediante labores de replante, fertilización, cercado, control de malezas, recajeteo, riegos de auxilio, limpia, chaponeo, podas, aclareos, brechas cortafuegos, control de plagas y enfermedades y cosecha final.
- Para muchos beneficiarios la reforestación es una actividad totalmente desconocida y por ello, no perciben las externalidades positivas de las reforestaciones y carecen de elementos que les permitan comparar los beneficios de este uso del suelo contra otros usos posibles.

Escasa capacitación técnica de los beneficiarios en el establecimiento y manejo de las reforestaciones.

- Se hace poca difusión y divulgación de la importancia y de los resultados de los programas y su impacto en la sociedad.

4.3 Amenazas

- Mientras se continúe utilizando semilla de baja calidad genética, sin considerar la caracterización (fisiográfica, climática y edáfica) de los sitios a reforestar, no será posible elevar el nivel de prendimiento en las reforestaciones.



- Si fallan los procesos de reforestación, existe riesgo de que se incrementen las áreas degradadas.
- Mientras las metas tengan un enfoque más cuantitativo y a corto plazo, y no incluyan el aspecto cualitativo y una visión de largo plazo, los resultados seguirán siendo deficientes.
- Si no existe un compromiso fundamentado por parte del Gobierno y sus autoridades, puede reducirse el presupuesto para los programas de reforestación.
- Los recursos económicos son escasos para atender el problema de deforestación y con frecuencia se politizan los programas de apoyo o subsidios.

4.4 Oportunidades

- La sociedad, en general reconoce, la necesidad de promover e invertir en acciones de conservación, recuperación y mantenimiento de áreas forestales.
- Existe interés de diversos actores, involucrados en todos los niveles de gobierno, para apoyar la conservación de los recursos naturales.
- Existen centros de enseñanza y de investigación en materia forestal, con experiencia en las diversas fases importantes para lograr el éxito en la reforestación.
- Existe infraestructura y recursos humanos capacitados en informática y geomática para caracterizar las áreas destinadas a la producción de semilla forestal y las áreas que serán destinadas a reforestación.
- Existen zonas forestales conservadas y que tienen elevados potenciales para la producción de germoplasma de calidad.
- Existe una red creciente de UPGF certificadas de las cuales puede obtenerse germoplasma de calidad que incrementará el nivel de éxito de las reforestaciones, siempre y cuando se establezcan en el radio de influencia óptimo de dichas UPGF.
- Existen herramientas computarizadas que facilitan realizar simulación y análisis detallados de costos y beneficios de las reforestaciones, que permitan compararlos contra los costos y beneficios de otras opciones de uso de los recursos y terrenos disponibles.
- Es posible fomentar la participación de las comunidades en la producción y recolecta de germoplasma de alta calidad.



- Nuevos acuerdos mundiales y auge de nuevas tendencias en restauración y manejo de ecosistemas forestales.
- Existen en México grandes áreas que deberían y/o podrían ser reforestadas. Los predios con características preferentemente forestales pueden recuperar su vocación original a través del establecimiento de reforestaciones.
- Existe interés en diversos segmentos de la población para contribuir al secuestro de carbono, la producción de oxígeno y la infiltración de agua de calidad mediante la reforestación.
- Existe apoyo económico y logístico del Gobierno Federal y Estatales para llevar a cabo diversos programas de reforestación.
- Los predios con características preferentemente forestales pueden recuperar su vocación original a través del establecimiento de reforestaciones.
- Se puede mejorar el paisaje donde existe una clara muestra de deterioro ambiental o de sobreexplotación de los recursos.

4.5 Recomendaciones

Varias recomendaciones para mejorar los resultados y el nivel de éxito de las reforestaciones, pueden desprenderse de atender lo señalado anteriormente. A continuación, se puntualizan algunas recomendaciones:

- Las actividades de producción de planta y reforestación deben realizarse en forma oportuna, en los periodos de tiempo más propicios para tener éxito en esas labores.
- Proponer programas operativos de reforestación con base a las características ecológicas de cada región.
- Involucrar en los Programas de Reforestación a trabajadores y profesionales con el conocimiento, la ética y el compromiso suficiente, para garantizar que sus actividades tengan el impacto esperado.
- Dar protección, mantenimiento, seguimiento y monitoreo a las reforestaciones, ya que esto permite readecuar y priorizar los recursos hacia aquellas reforestaciones que garanticen mayor supervivencia y/o mayores impactos ambientales positivos.
- Favorecer la coordinación interinstitucional para optimizar los escasos recursos financieros, humanos y de infraestructura, para cubrir con ellos una mayor superficie, y más que eso, para incrementar el éxito de las reforestaciones.



- Brindar capacitación a los responsables de los distintos procesos en el ciclo de reforestación, sobre las mejores técnicas de colecta de semillas, la producción de especies forestales, el manejo de la planta cuando sale de vivero y las mejores técnicas de establecimiento, protección y mantenimiento de las reforestaciones.
- Establecer políticas de suspensión o cancelación de apoyos a beneficiarios que continúen utilizando las áreas reforestadas en otras actividades.
- Realizar las actividades de capacitación a los beneficiarios antes de que éstos adquieran las plantas, donde se incluyan prácticas para el embalaje, la estiba y el transporte adecuados.
- Realizar análisis detallados de costos y beneficios de las reforestaciones y con ello debe demostrarse a los beneficiarios las ventajas de la reforestación.
- Definir un programa de investigación con base en la problemática existente que favorezca las técnicas de cultivo más apropiadas durante todo el ciclo de la cadena productiva.
- Formular programas integrales de reforestación para cada caso, que tomen en cuenta la calidad genética y el origen de cada lote de semilla, los objetivos específicos a lograr en cada sitio a reforestar, la selección de especies y procedencias y la producción de planta de calidad, que en conjunto permitan implementar procesos que aseguren el éxito a largo plazo de las acciones y programas de reforestación.
- Reformular los esquemas de evaluación y de apoyo financiero a las reforestaciones, las cuales deberán tomar en cuenta los resultados al año de plantado, los porcentajes de prendimiento final y establecimiento de la reforestación a mayor edad; por ejemplo, cinco años (según la especie), que es cuando estará plenamente establecida para continuar su desarrollo.
- Desarrollar un programa integral y permanente de mejoramiento genético forestal que incluya la detección de zonas propicias de colecta de semilla de las especies de interés, su certificación como UPGF, su caracterización genética, agroecológica y edáfica, la ubicación y manejo de árboles superiores, la colecta de semilla de calidad, su propagación, uso de las plántulas en los sitios más viables debidamente caracterizados, la aplicación de técnicas de mejoramiento genético y el uso de propagación sexual y asexual para obtener materiales mejorados.



- Es necesario establecer unidades de manejo de recursos genéticos, a fin de conservar la variación genética dentro de las especies, antes de que la fragmentación forestal por deforestación provoque pérdidas irreversibles.
- Elaborar criterios técnicos para la reforestación, que normen las siguientes actividades: diagnóstico técnico de las áreas a reforestar, zonas de procedencia del germoplasma a utilizar, parámetros de calidad de las plantas, métodos de manejo del suelo y de la vegetación previo a la reforestación, forma de transporte y acarreo de planta, sistemas de plantación, prácticas culturales, forma de cercado y prácticas de mantenimiento.



Referencias Bibliográficas

- Burney, O.; Aldrete, A; Álvarez R; R.; Prieto R., J. A.; Sánchez V., R. and Mexal, J. G. 2015. México—Addressing Challenges to Reforestation. *Journal of Forestry* 113(4):404 – 413.
- Colegio de Postgraduados. 2008. Evaluación externa: ejercicio fiscal 2007. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 102 p.
- Sáenz-Romero, C. 2003. Alternatives for improving reforestation in México. Consultado en: (<http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XI-I/0381-B4.HTM>) (Noviembre 2016).
- Secretaría de Economía. 2016a. Norma Mexicana NMX-AA-169-SCFI-2016. Establecimiento de Unidades Productoras y Manejo de Germoplasma Forestal. Especificaciones Técnicas. (cancela a la NMX-AA-169-SCFI-2014). Ciudad de México. 127 p.
- Secretaría de Economía. 2016b. Norma Mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016. Certificación de la operación de viveros forestales (Cancela a la NMX-AA-170-SCFI-2014). Ciudad de México. 194 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2007. Ejercicio Fiscal 2006: Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 107 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2010. Informe de evaluación externa: De los apoyos de reforestación, ejercicio fiscal 2009. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 140 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2010. Indicadores de gestión de desempeño del programa PROCOREF durante el ejercicio fiscal 2010. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 206 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2012. Evaluación complementaria del PROCODEF: ejercicio fiscal 2011. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 293 p.
- Universidad Autónoma Chapingo. 2014. Informe final de resultados: del monitoreo y evaluación complementaria de los apoyos de reforestación y suelos 2012. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 276 p.



- Universidad Autónoma Chapingo. 2015. Monitoreo de restauración forestal y reconversión productiva 2014: en el marco de los apoyos del programa nacional forestal, otorgados por la comisión nacional forestal. Comisión Nacional Forestal. Texcoco, Estado de México. 276 p.
- Universidad Autónoma de Nuevo León. 2008. Evaluación externa: ejercicio fiscal 2008, Informe nacional. Comisión Nacional Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Linares, Nuevo León. 197 p.
- Vanegas L., M. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. México. 158 p. Consultado en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/gef/pdf/1.2-5-manual-mejores-practicas-restauracion-especies-nativas.pdf> (Diciembre 2016).



Agradecimientos

- A la Secretaría de Educación Pública, quien a través del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP), otorgó el financiamiento para esta publicación, derivada del proyecto “Supervivencia y crecimiento de *Pinus spp.* en diferentes condiciones de plantación en zonas forestales del estado de Durango”.
- A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Unidad Académica donde se desarrolló el proyecto y se gestó esta publicación.
- A la M.C. María Mónica González Orozco y M.C. Isaac Vázquez Cisneros, por su valioso apoyo en el trabajo de campo.
- A la Ing. Gardenia De Jesús Reyes, apoyo invaluable en la parte final de la documentación de esta publicación.
- A la M.C. Elvira Madrid Aispuro, quien en alguna parte colaboró para generar esta publicación.
- Al M.C. Manuel Aguilera Rodríguez, por compartir sus experiencias profesionales sin condición alguna.
- A la M.C. Celina Palacios Mendoza, por la revisión de la estructura de la publicación.





LAS REFORESTACIONES EN MÉXICO
PROBLEMÁTICA Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Dedicatoria

- A Rosa Bertha Trujillo Barraza, Erick Prieto Trujillo y Luis Carlos Prieto Trujillo...por entender que por esta actividad he dejado de compartir tiempo que les debo a Ustedes.
- A la Doctorante Verónica Bustamante García...Vero, por su incansable espíritu y forma de luchar contra adversidades; su profesionalismo será ejemplo para muchos de nosotros. Donde quiera que esté, siempre estará en nuestros recuerdos.
- A Don Gabino Martínez Lerma, por su ejemplo como persona y como vive-rista, al mostrarnos que con voluntad se pueden lograr resultados de calidad.
- A los que creen en que debemos regresarle a la naturaleza, algo de lo mucho que nos ha dado....y que en hechos lo están realizando.



