



HUERTOS SEMILLEROS CLONALES: UNA ALTERNATIVA PARA LOS PROGRAMAS DE REFORESTACIÓN EN VERACRUZ

CLONAL SEED ORCHARDS: AN ALTERNATIVE FOR REFORESTATION PROGRAMS IN VERACRUZ

Armando Aparicio-Rentería¹, Héctor Viveros-Viveros¹ y Virginia Rebolledo-Camacho¹

RESUMEN

En México existe gran interés por desarrollar programas de mejoramiento genético forestal (MGF) que utilicen especies nativas con importancia económica dentro de este sector. Los distintos métodos de propagación vegetativa permiten obtener masivamente clones que comparten la misma secuencia de ADN con la planta donante. Los huertos semilleros mejoran la calidad productiva de las especies, por lo que constituyen una estrategia atractiva. El objetivo del trabajo que se describe a continuación consistió en organizar un huerto semillero clonal (HSC) con *Pinus patula*, en el ejido Ingenio El Rosario, municipio Xico, Veracruz para producir semillas de calidad. Se realizaron 3 000 injertos de 100 árboles seleccionados mediante la técnica de injertado de púa lateral. Debido a las condiciones ambientales extremas, la supervivencia en vivero fue de 29 %. El HSC se estableció en septiembre de 2012 en una superficie de 4.725 ha, conforme al diseño experimental de 18 bloques completos en un arreglo sistemático. Se utilizaron 873 injertos de 98 clones y siete meses después de su establecimiento, se corroboró que la supervivencia fue de 70 % y quedaron representados 611 y 88, respectivamente. En julio de 2013 se replantaron 244 injertos más, provenientes de 43 clones. Se recomienda incorporar cada año más rametos de aquellos clones que tengan menor presencia en la plantación, con la finalidad de aumentar la diversidad genética en la producción de semilla.

Palabras clave: Árboles plus, huerto semillero clonal, injertos, *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham., semilla de calidad, Veracruz.

ABSTRACT

In Mexico, there is interest in developing forest tree improvement (FTI) programs with native species of forestry importance. Graft propagation allows the obtainment of clones with identical genetic characteristics to the selected stock plant. Seed orchards are a strategy of the FTI program to improve the production quality of forest species. The aim of this study was to establish a *Pinus patula* clonal seed orchard (CSO) at the Ejido Ingenio El Rosario, municipality Xico, Veracruz to produce quality forest seed. There were a total of 3 000 grafts of 100 trees selected from *P. patula* by the technique of grafting the lateral bud. A 29 % nursery survival rate of grafts was obtained because the presence of extreme environmental conditions. The CSO was established in September 2012 in an area of 4.725 has, with 873 grafts of 98 clones, according to the experimental design of 18 blocks complete with systematic arrangement. The survival rate was 70 % at 7 months after the establishment of the CSO, leaving 611 grafts of 88 clones. In July 2013, 244 grafts of 43 clones were replanted. Finally, it is advisable to add more grafts each year, of those clones that are underrepresented, in order to increase the genetic diversity in seed production.

Key words: Plus trees, clonal seed orchard, grafting, *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham., seed quality, Veracruz.

INTRODUCCIÓN

La propagación vegetativa (PV) puede llevarse a cabo a través de técnicas de injertado, enraizado de estacas o cultivos *in vitro*, y mediante su utilización se obtienen individuos con características genéticas idénticas a las de la planta donante. Estos métodos se utilizan en proyectos con fines de conservación genética de especies e individuos (Zobel y Talbert, 1988; Celestino *et al.*, 2005), de tal manera que los programas de mejoramiento genético forestal (MGF) se tornan más efectivos y rentables, lo que incrementa el rendimiento productivo de las plantaciones (Radke y Radke, 2004; Camcore, 2008). Es fundamental utilizar el material genético correcto para el desarrollo de las actividades forestales en cualquier país, razón por la cual, en el estado de Veracruz hay interés por desarrollar programas de MGF, a partir de técnicas de PV. El objetivo del MGF es producir, usar y conservar los individuos mejor adaptados y con el mayor rendimiento productivo, para reforestar y establecer plantaciones comerciales (Sidhu, 1992; Celestino *et al.*, 2005; Camcore, 2008).

El éxito de los programas de reforestación es fundamental para mantener la cubierta forestal y generar los productos derivados. Destacan por su número las especies del género *Pinus*, las que aportan el mayor abastecimiento nacional e internacional de madera, pulpa y papel (Burdon, 2002; Lane, 2004); por lo tanto, la conservación de su diversidad genética debería ser una prioridad (Sáenz-Romero *et al.*, 2003; Camcore, 2010). No obstante lo anterior, existen datos para algunas, como *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. var. *patula* que revelan una supervivencia de tan solo 15 % a 30 % en el primer o segundo año desde el comienzo de la plantación (Mexal *et al.*, 2008). El establecimiento de esta opción depende del uso de plántulas de calidad, con características morfológicas y fisiológicas que les permitan lograr una alta supervivencia y buen crecimiento en campo (Davis y Jacobs, 2005).

La calidad de la planta está relacionada con su composición genética, tamaño y vigor, así como con la influencia de las condiciones ambientales del sitio de destino y las prácticas de cultivo y manejo. La calidad genética se garantiza con la siembra de semilla procedente de huertos semilleros (HSs); sin embargo, en el estado de Veracruz no hay una producción de semillas de pino procedentes de huertos para su uso en los programas de reforestación; por lo tanto, es importante iniciar el desarrollo de HSs en la entidad con especies de alto valor productivo, como *P. patula*, pino mexicano de los más utilizados para tal efecto y en investigación forestal. En el extranjero existen cerca de 1 millón de hectáreas plantadas con dicho taxon para la producción de madera, pulpa y papel (Birks y Barnes, 1991), pues resulta rentable por sus características fenotípicas y genéticas y por ser de interés para la certificación y exportación de sus semillas.

INTRODUCTION

Vegetative propagation (VP) can be carried out through such techniques as grafting, rooting of hardwood cuttings or *in vitro* cultures, by which individuals with identical genetic characteristics to those of the stock plant are obtained. These methods are used in projects for purposes of the genetic preservation of species and individuals (Zobel and Talbert, 1988; Celestino *et al.*, 2005), making the forest tree improvement (FTI) programs more effective and profitable, and thereby increasing the productive output of the plantations (Radke and Radke, 2004; Camcore, 2008). The use of the correct genetic material is crucial for the development of forestry activities in any country; for this reason, in the Mexican state of Veracruz there is interest in developing FTI programs through the application of VP techniques. The objective of FTI is to produce, use and preserve those individuals that are best adapted, and which have the highest productive output, in order to reforest and establish commercial plantations (Sidhu, 1992; Celestino *et al.*, 2005; Camcore, 2008).

The success of the reforestation programs is essential to preserve the forest canopy and to generate derived products. The species of the *Pinus* genus are the highest in number; they contribute the largest national and international supply of wood, pulp and paper (Burdon, 2002; Lane, 2004), and therefore the preservation of their genetic diversity should be a priority (Sáenz-Romero *et al.*, 2003; Camcore, 2010); notwithstanding, there are data for certain species like *Pinus pseudostrobus* Lindl. and *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. var. *patula* that reveal survival rates of merely 15 % to 30 % one or two years after the trees are planted (Mexal *et al.*, 2008).

The establishment of this option depends on the use of high-quality seedlings, with morphological and physiological characteristics that allow them to attain a high survival and good growth in field (Davis and Jacobs, 2005). The quality of the plant is related to its genetic makeup, size and vigor, as well as to the influence of the environmental conditions of the destination site and the cultivation and handling practices. The genetic quality of the plants is guaranteed when seeds from seed orchards (SOs) are used. However, in the state of Veracruz there is no production of pine seeds from orchards for use in reforestation programs. For this reason it is important to begin developing SOs in the entity where to grow species with a high productive value, such as *P. patula*. This Mexican pine is one of the species that are most commonly used for these purposes, as well as for forestry research. In other countries, approximately 1 million hectares are planted with this species for the production of wood, pulp and paper (Birks and Barnes, 1991), as its phenotypic and genetic characteristics render it profitable and of interest for the certification and exportation of its seeds.

Because of all the above, and in order to produce quality seeds and plants, a first-generation CSO was established with

Por todo lo anterior y con el objetivo de producir semillas y plantas de calidad, se estableció un HSC de primera generación con injertos de árboles plus de *Pinus patula* en el ejido Ingenio El Rosario, municipio Xico, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cultivo de portainjertos y selección de árboles plus

Se cultivaron 5 000 plantas de *Pinus patula* para destinarlas a portainjertos, fueron fertilizadas con nitrofoska foliar PS cada dos meses, para inducir un crecimiento regular. Un mes antes de ser utilizadas se les podaron las ramas más bajas del tallo, con el propósito de liberar el área de injertado. Se eligieron 120 árboles con características fenotípicas superiores (árboles plus) (Quijada, 1980; Lantz, 2008; Camcore, 2007), en el ejido Ingenio El Rosario municipio de Xico, Veracruz. La selección se realizó con base en los criterios del Programa Internacional para la Conservación y Domesticación de Árboles (Camcore): tener buen porte y crecimiento; y ofrecer resistencia a enfermedades. Para evitar relaciones cercanas de parentesco, la distancia mínima entre los árboles seleccionados fue de 100 m.

La calidad de los árboles con respecto a la rectitud del fuste y la condición de la copa se clasificó de manera subjetiva en una escala de 1, 2 y 3, en la que 3 indica las mejores características fenotípicas. Dadas las condiciones de las poblaciones de *P. patula* en el ejido, durante la selección se aceptaron únicamente ejemplares con una rectitud del fuste 2 y 3. Cada uno de ellos fue marcado con etiquetas de aluminio que contenían los datos de origen y fecha de injertado. Se registraron datos de localidad, tales como coordenadas geográficas de latitud y longitud, altitud, exposición y edad; y dasométricos como altura total del árbol, altura del fuste limpio, diámetro a la altura del pecho (1.30 m) y diámetro a la altura del fuste limpio.

Recolecta e injertado de púas

Se recolectaron púas (brotes) de solo 100 árboles de los 120 seleccionados entre diciembre de 2011 y enero de 2012. Se les trasladó al vivero de la Conafor de la Gerencia Veracruz, ubicado en la ciudad de Banderilla, para realizar los injertos.

Se tomaron 30 púas por individuo para obtener un total de 3 000 injertos mediante la técnica de injertado lateral, misma que consistió en insertar la púa a un lado del tallo de las plantas. Se hicieron dos cortes en el tallo y en la púa: uno largo y otro corto en forma de cuña, con lo que se expuso el cambium vascular, que se hizo coincidir al colocarse la púa sobre el tallo. La unión se amarró con cinta de plástico y se aplicó como protección una mezcla de pintura vinílica con fungicida. Para proporcionar humedad se dispuso una bolsa de plástico

grafts of *Pinus patula* plus trees at Ejido Ingenio El Rosario, in the municipality of Xico, Veracruz, Mexico.

MATERIALS AND METHODS

Rootstock cultivation and plus-tree selection

Five thousand *Pinus patula* plants were cultivated and destined for use as rootstocks; Nitrofoska® SP foliar fertilizer was used every two months in order to induce regular growth. The lower branches were pruned one month in advance, in order to clear the grafting area. 120 trees with superior phenotypic characteristics (plus trees) were selected (Quijada, 1980; Lantz, 2008; Camcore, 2007) at Ejido Ingenio El Rosario, in the municipality of Xico, Veracruz. The selection of the 120 plus trees was based on the criteria of the International Tree Conservation and Domestication Program (Camcore), i.e. a good shape, a good growth, and resistance to disease. In order to avoid close kinship between them, the minimum distance between the selected trees was 100 m.

The quality of the trees with respect to the stem straightness and crown density was rated subjectively, according to a scale of 1, 2 and 3, in which 3 indicates the best phenotypic characteristics. Given the conditions of the *P. patula* populations in the ejido, only specimens with stem straightness rated 2 or 3 were selected. Each was marked with an aluminum tag containing data of its origin and the grafting date. Other registered information included data of its location -the geographic coordinates of latitude and longitude and the altitude-, exposure and age, as well as dasometric data, such as the total height, clear stem height, diameter at breast-height (1.30m) and diameter below the lowest branch.

Scion collection and grafting

Scions (shoots) were collected from only 100 of the 120 selected trees between December 2011 and January 2012. They were taken to the Conafor nursery in the Veracruz Management, located in the city of Banderilla, for grafting purposes.

Thirty scions were taken from each tree so as to obtain a total of 3 000 grafts through lateral grafting, which consists in grafting the scion on one side of the plant stem. Two cuts were made in the stem and in the scion: a long one and a short, wedge-shaped one exposing the vascular cambium. The scion was grafted into the stem in such a way as to coincide with the cambium. The union was fastened with plastic tape, and a mixture of vinyl paint and fungicide was applied as a protection. In order to provide moisture, a plastic bag filled with water was attached to a wooden stake and covered with a paper bag. One month after the grafting, the paper bag was removed; at the second month, the plastic bag too was removed; at the

con agua, soportada por un tutor de madera y se cubrió con una bolsa de papel. Un mes después, se les quitó la bolsa de papel; a los 2 meses, la bolsa plástica; a los 3 meses se podaron las ramas laterales de la planta; a los 4 meses se podó el brote líder de la planta a la mitad de su altura; a los 5 meses se cortó el resto; y a las siguientes dos semanas, se eliminaron los amarres.

Los injertos fueron colocados en un área protegida por malla con 50 % de sombra y acolchado, para su mantenimiento y cuidado (Figura 1). A finales de mayo de 2012 se trasladaron del vivero de la Conafor al ejido Ingenio El Rosario, tres meses antes de ser plantados.



third month, the side branches of the plant were pruned; at the fourth month, the main shoot of the plant was pruned to half its height; at the fifth month, the rest of it was cut, and two weeks later, the grafting tapes were removed.

The grafts were placed in an area protected with a mesh, with 50% shade and mulching, for its maintenance and care (Figure 1). At the end of May, 2012, they were taken from the Conafor nursery to Ejido Ingenio el Rosario, where they were planted three months later.



Figura 1. Injertos de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. en un vivero de la Conafor, Veracruz.

Figure 1. *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. grafts at a Conafor nursery in Veracruz.

Para establecer el HSC, el terreno fue delimitado, se barbechó y se hicieron las cepas de 40 x 40 x 60 cm a una distancia entre ellas de 5 x 5 m, con una alineación en marco real y se colocó el cercado de protección. Los injertos se distribuyeron en función de un diseño sistemático de muestreo (Hodge y White, 1993) con 18 bloques completos (figuras 3 y 4), de los cuales, 16 fueron cuadrados con líneas de 10 x 10 plantas y 2 bloques rectangulares con líneas de 20 x 5 plantas. Cada bloque está diseñado para 100 clones con 1 rameto por clon. Este diseño permite reducir la endogamia entre los rametos de un mismo clon, al quedar separados entre los rametos de diferentes clones.

Para ocupar el área total del huerto, al distribuir los injertos bloque por bloque, inicialmente se marcaron las cepas a 10 m de distancia en cada línea, después se distribuyeron los injertos restantes a 5 m de los ya establecidos, siguiendo el orden del diseño sistemático. Al momento de plantar los injertos, se desenredó la raíz y se evitó la poda para no causar posibles condiciones de estrés que afectaran el crecimiento y supervivencia en campo.

In order to establish the CSO, the land was delimited and made fallow; 40 x 40 x 60 cm planting holes were dug at 5 x 5 m intervals, aligned in a real framework, and the protection fence was put in place. The grafts were distributed according to a systematic sampling design (Hodge and White, 1993), with 18 whole blocks (Figures 3 and 4), 16 of which were squared with 10 rows of 10 plants; there were also 2 rectangular blocks with 5 rows of 20 plants. Each block is designed for 100 clones with 1 ramet per clone. This design allows the reduction of the endogamy between ramets of the same clone, as they are interspersed with ramets of different clones.

In order to occupy the total area of the orchard, in each block the grafts were distributed as follows: the planting holes were initially marked at intervals of 10 m on each row, and the remaining grafts were then distributed at intervals of 5 m between those previously planted, in keeping with the systematic design. Once the grafts were planted, the root was disentangled, and pruning was avoided in order not to cause any potential stress that might affect in-field growth and survival.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Supervivencia de injertos en vivero

Los 3 000 injertos fueron severamente afectados por eventos climáticos extremos tales como: presencia de altas temperaturas, abundantes lluvias, granizo y heladas, que ocurrieron durante febrero, marzo, abril y mayo de 2012. Esto provocó una supervivencia de 35 % es decir, 1 056 injertos vivos. Durante los tres meses que permanecieron en el ejido, antes de ser plantados en campo, ocurrieron más heladas y granizadas, por lo que en septiembre se registró 29 % de supervivencia, con 873 rametos vivos.

Establecimiento del huerto semillero clonal

El HSC se estableció en septiembre de 2012 con un total de 873 rametos, provenientes de 98 clones con representación variable, de 1 a 18 rametos por clon (Figura 2). Se ocupó un área total de 47 250 m², ubicada en las siguientes coordenadas geográficas: (19°30.795'N-97°05.276'O); (19°30.912'N-97°05.294'O); (19°30.932'N-97°05.158'O) y (19°30.815'N-97°05.145'O).

RESULTS AND DISCUSSION

Nursery graft survival

The 3 000 grafts were severely affected by such extreme climate events as the presence of high temperatures, abundant rains, hail and frost, which occurred during the months of February, March, April and May, 2012. This resulted in a 35% survival rate, i.e. 1 056 living grafts. During the three months in which they remained at the *ejido* before being planted in the field, there were additional frosts and hail, and therefore a survival rate of only 29%, with 873 living ramets, was registered in September.

Establishment of the clonal seed orchard

The CSO was established in September 2012 with a total of 873 ramets from 98 clones with variable representation, ranging between 1 and 18 ramets per clone (Figure 2). The orchard covered a total surface of 47 250 m² and was located at the following geographic coordinates: (19°30.795'N-97°05.276'W); (19°30.912'N-97°05.294'W); (19°30.932'N-97°05.158'W) and (19°30.815'N-97°05.145'W).



Figura 2. Establecimiento de los injertos de *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. en campo.
Figure 2. Establishment of *Pinus patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. in-field grafts.

61	4	33	20	57	96	107	18	5	16	61	71	53	12	72	97	69	37	52	58
71	24	80	78	93	83	23	73	90	15	4	24	8	91	46	7	68	35	99	98
53	8	47	27	45	21	30	86	79	70	33	80	47	10	65	43	59	54	109	11
12	91	10	49	95	66	63	32	28	41	20	78	27	49	84	3	14	62	81	101
72	46	65	84	44	26	75	40	36	39	57	93	45	95	44	50	115	106	42	60
97	7	43	3	50	13	94	34	51	22	96	83	21	66	26	13	29	48	87	67
69	68	59	14	115	29	55	9	92	38	107	23	30	63	75	94	55	102	76	31
37	35	54	62	106	48	102	74	77	56	18	73	86	32	40	34	9	74	82	85
52	99	109	81	42	87	76	82	89	19	5	90	79	28	36	51	92	77	89	88
58	98	11	101	60	67	31	85	88	17	16	15	70	41	39	22	38	56	19	17
16	5	18	107	96	57	20	33	4	61	58	52	37	69	97	72	12	53	71	61
15	90	73	23	83	93	78	80	24	71	98	99	35	68	7	46	91	8	24	4
70	79	86	30	21	45	27	47	8	53	11	109	54	59	43	65	10	47	80	33
41	28	32	63	66	95	49	10	91	12	101	81	62	14	3	84	49	27	78	20
39	36	40	75	26	44	84	65	46	72	60	42	106	115	50	44	95	45	93	57
22	51	34	94	13	50	3	43	7	97	67	87	48	29	13	26	66	21	83	96
38	92	9	55	29	115	14	59	68	69	31	76	102	55	94	75	63	30	23	107
56	77	74	102	48	106	62	54	35	37	85	82	74	9	34	40	32	86	73	18
19	89	82	76	87	42	81	109	99	52	88	89	77	92	51	36	28	79	90	5
17	88	85	31	67	60	101	11	98	58	17	19	56	38	22	39	41	70	15	16

Entrada = Entrance; Bloque = Block

Figura 3. Muestra de cuatro bloques base del diseño sistemático del HSC. Los cuadros remarcados son la representación de clones por bloque.

Figure 3. The four-block sample that served as the basis for the systematic design of the CSO.

Supervivencia de los injertos en campo

Al mes de realizada la plantación, en octubre de 2012, se registró una supervivencia de 92 % y 7 meses después, en abril de 2013, disminuyó a 70 %, con una representación de 611 rametos, provenientes de 88 clones. Se observó que los injertos con tallos no vigorosos resisten menos las condiciones adversas del sitio de plantación. En julio de 2013 se replantaron 244 injertos de 43 clones y se incorporaron 4 más, para tener una representación de 100 clones.

La técnica de propagación por injerto depende principalmente de la experiencia del injertador, del estado fenológico de crecimiento que presenten las púas de los árboles seleccionados, el vigor de las plantas utilizadas como portainjertos y en especial, los cuidados requeridos para su mantenimiento en vivero y campo, por lo que estos son los factores más importantes que deben tenerse en cuenta para el éxito del injertado. De acuerdo a Merlo y Fernández-López (2004), la calidad de la semilla depende, entre otras cosas, de la superioridad genética de los árboles plus que se incorporen dentro del huerto, de su grado de parentesco y de una representación de rametos equilibrada de todos los clones; sin embargo, en esta investigación se registró que

Survival of in-field grafts

One month after the grafts were planted, in October 2012, a 92 % survival rate was registered; seven months later, in April 2013, the rate decreased to 70%, with a representation of 611 ramets of 88 clones. It was observed those grafts whose stems are not vigorous are less resistant to the adverse conditions of the plantation site. In July 2013, 244 grafts of 43 clones were replanted, and 4 new clones were added so as to reach a representation of 100 clones.

Graft propagation depends primarily on the experience of the grafter, on the growth and phenological status of the scions of the selected trees, on the vigor of the plants used as rootstocks, and, especially, on the care required for their maintenance both in field and in the nursery. These are therefore the main factors that must be taken into account for the success of the grafts. According to Merlo and Fernández-López (2004), the quality of the seeds depends, among other things, on the genetic superiority of the plus trees incorporated into the orchard, on their degree of kinship and on a balanced representation of all the clones; however, in this research, the clones were represented by a variable number of ramets, ranging between 1 and 18 ramets

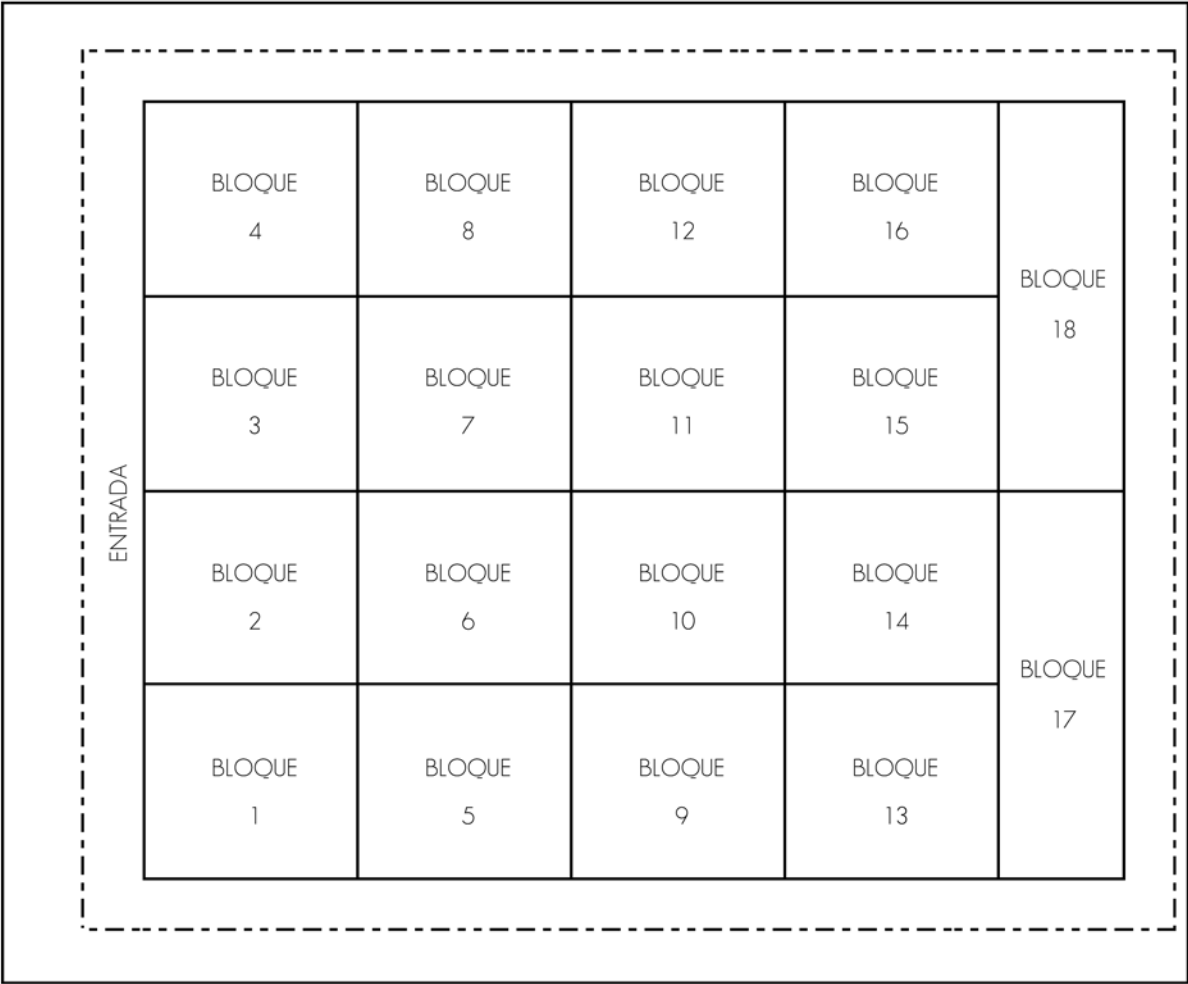


Figura 4. Diseño y asignación de los bloques en el huerto semillero clonal.
Figure 4. Block design and assignment in the clonal seed orchard.

los clones quedaron representados por un número variable de rametos, de 1 a 18 por clon. Además y en relación con los resultados preliminares de supervivencia, se requiere seguir incorporando rametos de aquellos clones menos representados, para generar una tendencia que equilibre el número de rametos por clon y diversificar genéticamente a la especie en el HSC.

CONCLUSIONES

Los HSCs son una estrategia efectiva para el desarrollo de la actividad forestal en el estado de Veracruz, ya que, tanto a mediano como a largo plazo, se debe generar un impacto positivo en el éxito de los programas de reforestación para lograr el abastecimiento de semillas de mejor calidad, en comparación con otras áreas productoras de semilla.



per clone. Besides, according to the preliminary survival results, ramets from the clones with the least representation must continue to be incorporated in order to generate a tendency that can balance the number of ramets per clone and genetically diversify the species in the CSO.

CONCLUSIONS

The CSOs are an effective strategy for the development of forestry in the State of Veracruz, since a positive impact on the success of the reforestation programs needs to be generated in both the short and medium term to improve the quality of the seed supply compared to other seed producing areas.

Due to the variable representation of ramets per clone, material from the least common clones must be incorporated in order to increase the genetic diversity in the seed production.

Por la representación variable de rametos por clon, se debe incorporar material de los clones menos comunes, con la finalidad de aumentar la diversidad genética en la producción de semilla. 🌱

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero otorgado por la Comisión Nacional Forestal y a la comunidad del ejido Ingenio El Rosario, municipio Xico, Veracruz, por su colaboración en el desarrollo del proyecto titulado "Establecimiento de un huerto semillero clonal de *Pinus patula*".

REFERENCIAS

- Birks, J. S. and R. D. Barnes. 1991. Genetic control of wood quality in *Pinus patula*. Final report, ODA Research Scheme R4616. Oxford Forestry Institute. University of Oxford. Oxford, UK. 29 p.
- Burdon, R. D. 2002. An introduction to Pines. In: Pines of silvicultural importance. CABI Publishing. Wallingford, UK. pp. x-xxi.
- Celestino, C., I. Hernández, E. Carneros, D. López-Vela y M. Toribio. 2005. La embriogénesis somática como elemento central de la biotecnología forestal. Invest Agrar: Sist. Recur. For. 14 (3): 345-357.
- Davis, A. S. and D. F. Jacobs. 2005. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. New Forests 30: 295-311.
- Hodge, G. R. and T. L. White. 1993. Advanced - generation wind - pollinated seed orchard design. New Forests 7: 213 - 236.
- Lane, A. 2004. Attack of the clones: somatic embryogenesis in forestry. Bio Teach Journal 2:13-17.
- Lantz, C. W. 2008. Genetic improvement of forest trees. In: Bonner, F. T. and R. P. Karrfalt (eds). Woody plant seed manual. USDA Forest Service. Agriculture Handbook 727. Washington, DC. USA. pp. 39 - 56.
- Merlo, E. y J. Fernández-López. 2004. Análisis del balance parental reproductivo en un huerto semillero de *Pinus pinaster* Ait. Invest Agrar: Sist. Recur. For. 13 (2): 387 - 397.
- Mexal, J. G., R. A. Cuevas-Rangel and T. D. Landis. 2008. Reforestation Success in Central México: factors determining survival and early growth. Tree Planters' Notes 53 (1): 16 - 22.
- Programa Internacional para la Conservación y Domesticación de Árboles (Camcore). 2007. Boletín de noticias Camcore para México y Centroamérica I (I): 6.
- Programa Internacional para la Conservación y Domesticación de Árboles (Camcore). 2008. Boletín de noticias Camcore para México y Centroamérica II (I): 6.
- Programa Internacional para la Conservación y Domesticación de Árboles (Camcore). 2010. Boletín de noticias Camcore para México y Centroamérica IV (1): 6.
- Quijada, R. M. 1980. Selección de árboles forestales. In: Mejora genética de árboles forestales. Estudio FAO - MONTES. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. pp. 169 - 176.
- Radke, P. and A. Radke. 2004. Plantation improvement using clonal propagation - an overview of the latest technology in Australia. With an appendix on: Variation in tree species, and improvement and propagation options - an explanation. In: Proceedings of Prospects for high-value hardwood timber plantations in the dry tropics of Northern Australia, Mareeba, 19th - 21st October 2004. 14 p.
- Sáenz-Romero, C., A. E. Snively and R. Lindig-Gisneros. 2003. Conservation and restoration of pine forest genetic resources in México. Silvae Genetica 52 (5 - 6): 233 - 237.
- Sidhu, D. S. 1992. Genetic basis of vegetative propagation and its impact on tree breeding strategies. In: Kesava Reddy, K. (ed.). Vegetative propagation and biotechnologies for tree improvement. Natraj Publishers. Dehra Dun, New Delhi, India. pp. 53-70.
- Zobel, B. y J. Talbert. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. 1a. ed. Editorial Limusa. México, D.F. México. 545 p.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to express their gratitude to the National Forestry Commission (Comisión Nacional Forestal) for its financial support, and the community of Ejido Ingenio El Rosario, in the municipality of Xico, Veracruz, for its collaboration in the development of the project titled "Establishment of a *Pinus patula* clonal seed orchard."

End of the English version

