

EVALUACIÓN DE LA SIEMBRA AÉREA CON *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb EN EL EJIDO LEONA VICARIO, QUINTANA ROO.

ASSESSMENT OF THE *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb AERIAL SOWING AT LEONA VICARIO EJIDO, QUINTANA ROO

Xavier García Cuevas¹, Efraín Velasco Bautista², Bartolo Rodríguez Santiago¹,
Antonio González Hernández² y Francisco Camacho Morfín²

RESUMEN

La dispersión de semillas mediante aeronaves, llamada reforestación aérea, es un método de siembra que facilita cubrir grandes áreas en poco tiempo y en sitios de difícil acceso por vía terrestre. Debido a la urgente necesidad de revertir los índices de deforestación en México, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) inició el uso de esta técnica al principio del siglo XXI. En el presente estudio se describe la experiencia, sobre el particular, con semillas de "pich" (*Enterolobium cyclocarpum*) en una superficie de 2,000 ha en terrenos que presentaron incendios durante 2006, en el ejido Leona Vicario, municipio de Benito Juárez, en el estado de Quintana Roo, México. Se seleccionaron 33 ha con el propósito de evaluar el número de semillas depositadas y la cantidad de plántulas por unidad de superficie, así como su crecimiento inicial. Se diseñaron unidades de muestreo rectangulares y se distribuyeron sistemáticamente. Los resultados indicaron que la densidad programada de 5,000 semillas ha⁻¹ no se logró, ya que se obtuvieron 3,915 semillas ha⁻¹; el establecimiento de las plantas a los 90 días de haberse realizado la siembra aérea fue aproximadamente de 22% y las plantas de "pich" alcanzaron una altura promedio de 40 cm, a los tres meses de edad.

Palabras clave: *Enterolobium cyclocarpum*, crecimiento inicial, densidad de siembra, ejido Leona Vicario, siembra aérea, Quintana Roo.

ABSTRACT

Seed dispersal by aircrafts, named aerial reforestation, is a sowing method that makes it easier to cover great area in a short time in places difficult to reach. In order to assist the urgent need to revert the deforestation process in Mexico, the National Forest Commission (CONAFOR) started to use such technique at the beginning of this century. In the present study is described the experience with *Enterolobium cyclocarpum* seeds in a 200 ha land where forest fires occurred during 2006, in the Leona Vicario ejido at Benito Juárez municipio, Quintana Roo State, Mexico. Of the 2000 ha, only 33 were selected in order to assess the number of seeds that came into the ground and of seedlings by surface unit, as well as their initial growth. Rectangular sampling units were used, and systematically displayed. The assessment results showed that the 5,000 ha⁻¹ seeds programmed as sowing density was not accomplished, as only 3915 ha⁻¹ seeds were counted; 90 days after seed dispersal, seedling establishment was around 22 percent and seedlings reached an average height of 40cm at three months old.

Key words: *Enterolobium cyclocarpum*, initial plants growth, sowing density, ejido Leona Vicario, aerial sowing, Quintana Roo State.

Fecha de recepción: 26 de junio de 2009

Fecha de aceptación: 08 de noviembre de 2010

¹ Campo Experimental Chetumal. Centro de Investigación Regional Sureste (CIRSE). INIFAP. Correo-e: garcia.xavier@inifap.gob.mx

² Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF). INIFAP.

INTRODUCCIÓN

El establecimiento de vegetación forestal, por lo general, se lleva a cabo colocando propágulos o plántulas en el terreno; la primera opción es menos costosa, mientras que la segunda, aun cuando es más cara incrementa la probabilidad de supervivencia de las plantas deseadas. Este último método se llama reforestación convencional (Duryea, 2000; Willoughby *et al.*, 2004; Ezell, 2009).

Al uso de semillas para la reforestación se le denomina siembra directa (Duryea, 2000; Willoughby *et al.* 2004; Ezell, 2009) y puede efectuarse mediante distintas técnicas, desde la dispersión manual al voleo en el terreno hasta la distribución mediante aeronaves (siembra aérea), la cual se considera una técnica que permite cubrir grandes áreas en poco tiempo y en sitios de difícil acceso por vía terrestre (Westveld, 1949; Schroeder, 1950; San Buenaventura y Asiddao, 1957; Wood, 2000; Campbell, 2001; Castell *et al.*, 2003). El National Research Council ya consignaba (1981) que se trataba de “una vieja novedad”.

La dispersión aérea de las semillas se realiza con helicópteros o aeroplanos (National Research Council, 1981). Los primeros tienen la característica de aterrizar en sitios despejados de pequeñas dimensiones y recargarse de semillas y combustible más rápido que los segundos (Brohm, 1967; Barnett y Chappell, 1975; Casas, 2000; Wood, 2000). La ventaja de los aeroplanos es que su operación resulta menos costosa.

A los helicópteros se les coloca un sembrador aéreo centrífugo de hileras múltiples, mientras que a los aeroplanos se les adapta un dispersor Venturi alimentado por una tolva, que puede tener agitadores internos para impulsar la semilla a que salga por una compuerta o por perforaciones rectangulares (Westveld, 1949, Derr, 1958; Duryea, 2000).

Como consecuencia de la depredación de semillas y plántulas, y por la ocurrencia de heladas y sequías, por lo general la probabilidad de que se establezca una planta a partir de una semilla arrojada desde el aire va del 20 al 60%. Por ello, para lograr una población de 1,500 a 2,000 plantas ha^{-1} , el National Research Council (1981) y la Aviación Forestal de México (2004) recomiendan una densidad de 10,000 semillas viables ha^{-1} . En *Pinus halepensis* M. Bieb., Casas (2000) trabajó con 90,000 semillas ha^{-1} y Castell *et al.* (2003) con 120,000 semillas ha^{-1} . Boland *et al.* (1980) mencionan que para *Eucalyptus delegatensis* R.T.Baker, dicha población de árboles se logra con 20 g de semilla cuando se propaga en vivero, pero en la siembra aérea se requieren 900 g. Estas densidades de siembra se explican por los bajos porcentajes de establecimiento que se han detectado tanto en eucaliptos como en la especie de pino antes mencionada, por

INTRODUCTION

The establishment of forest vegetation is usually made by placing propagules or seedlings in the field; the first option is less expensive, while the second, although it is more demanding, increases the probability of survival of desired plants. This latter method is named conventional reforestation (Duryea, 2000; Ezell, 2009; Willoughby *et al.*, 2004).

The use of seeds for reforestation is named *direct seeding* (Duryea, 2000; Willoughby *et al.* 2004; Ezell, 2009) and can be accomplished through several techniques, from manual broadcast sowing in the field to the distribution by means of aircraft (*air seeding*), which allows covering large areas in a short time, and in difficult places to reach by land (Westveld, 1949; Schroeder, 1950; San Buenaventura y Asiddao, 1957; Wood, 2000; Campbell, 2001; Castell *et al.*, 2003). The National Research Council already consigned (1981) that it was “an old newness”.

Helicopters or airplanes can be used for aerial seeds dispersal (National Research Council, 1981). The first have are able to land on a clear sites of small size and recharge seeds and fuel faster than the second (Brohm, 1967; Barnett and Chappell, 1975; Casas, 2000; Wood, 2000). The advantage of airplanes is that their operation is less expensive.

Aerial centrifugal sowers of multiple rows are placed into the helicopters, while to airplanes a Venturi disperser fed by a hopper is adapted, which can have internal agitators to force the exit of seeds through a gate or square perforations (Westveld, 1949, Derr, 1958; Duryea, 2000).

As a consequence of seeds and seedlings predation, and the occurrence of frosts and droughts, in general terms, the probability of establishing a plant from a seed that was dropped from the air is from 20 to 60 per cent. Therefore, to achieve a population of 1,500 to 2,000 plants ha^{-1} , the National Research Council (1981) and the Forest Aviation of Mexico (2004), recommend a density of 10,000 viable seeds ha^{-1} . Casas (2000) worked with 90,000 ha^{-1} seeds of *Pinus halepensis* P. Milland Castell *et al.* (2003) with 120,000 seeds ha^{-1} . Boland *et al.* (1980) stated that a population of 1,500 to 2,000 ha^{-1} of *Eucalyptus delegatensis* R. T. Baker trees plants is reached with 20 g of seed when it is sown at a nursery, but for aerial seeding 900 g are required.

The seeding densities can be explained by the low establishment per cent that has been detected in eucalyptus and in this pine species, regularly under 20 per cent (Castell y Llacuna, 2000; Roget, 2000; Campbell, 2001). Westveld (1949) evaluated sowing densities higher than 24,000 seeds ha^{-1} (50,000 and 140,000) of white pine (*Pinus strobus* L.) and obtained 15,000 trees ha^{-1} .

lo común inferiores al 20% (Castell y Llacuna, 2000; Roget, 2000; Campbell, 2001). Westveld (1949) evaluó densidades de siembra superiores a las 24 mil semillas ha^{-1} (50,000 y 140,000) de *Pinus strobus* L. (pino blanco), y obtuvo hasta 15,000 árboles ha^{-1} .

En la siembra aérea también es necesario tomar en cuenta la pérdida de semilla debido al consumo que ejerce la fauna silvestre (Llacuna, 2000). Para reducir el efecto de dicho factor se utiliza la peletización, llamada pildorado, que consiste en cubrir las semillas con un material permeable que contenga sustancias para rechazar a los animales. El recubrimiento se hace mediante arcilla (Cultura Forestal Integral, 2007; Aviación Forestal, 2004) o pintura de látex, opción más sencilla, barata y menos nociva para la germinación (Barnett y Chappell, 1975; National Research Council, 1981; Willan, 2001). Una cualidad adicional del peletizado es que se consigue una forma y peso uniforme de los propágulos, lo que hace más fácil su manejo y distribución (Wood, 1981, 1983 y 2000; Pemán, 2002; Vargas, 2003;). Otra opción es mezclar las semillas con un material de relleno, como semillas agrícolas o preferentemente aserrín (Westveld, 1949; Aviación Forestal, 2004).

En cuanto a la preparación del suelo, el establecimiento de las plantas se reduce en las áreas con una excesiva competencia de la vegetación, así como en sitios expuestos a la insolación (Westveld, 1949). En Rusia por ejemplo, en lugares sometidos a incendios o talas la siembra sin remover el suelo dio mejores resultados que el uso del arado (Unasylyva, 1953).

Un problema asociado a la siembra aérea es la dificultad de precisar la densidad de semillas en el terreno (San Buenaventura y Asiddao, 1957; Derr, 1958; National Research Council, 1981). El riesgo de que el material quede fuera del predio se incrementa con la altura de vuelo y con la falta de sistemas satelitales de navegación (Wood, 2000). En la siembra con avión, Westveld (1949) registró una velocidad media de 130 km h^{-1} a una altura de 15 a 23 m sobre la copa de los árboles; las distancias entre las líneas de vuelo fueron de 15 m, aproximadamente. Aviación Forestal (2004) indica que en la dispersión aérea de semillas se han seguido líneas rectas, con vuelos a una altura de 100 m y a 230 km h^{-1} .

Al analizar la dispersión aérea de cebos envenenados para la fauna nociva, Morgan (1994) observó que sin marcar las líneas de vuelo en el terreno se tenía una distribución incorrecta, aspecto que se mejora con el uso de equipo satelital que guíe los vuelos. Aun cuando otros autores establecen que este equipo de navegación puede, incluso, controlar la salida de las semillas del depósito (Aviación Forestal, 2004), todavía se siguen colocando mangas de aire en los vértices del terreno para facilitar la dispersión adecuada de las semillas (Casas, 2000). Además, con el fin de obtener mayor eficiencia en la dispersión se recomienda hacer vuelos

In aerial seeding it is also necessary to take into account the loss of seed due to consumption by wildlife (Llacuna, 2000). To reduce the effect of this factor the process of pelletization is used, also called pelleting, which consist in covering seeds with permeable materials that include animal-repellent substances. The covering can be prepared with clay (Cultura Integral Forestal, 2007; Aviación Forestal, 2004) or latex paint, which is an easier option, cheaper and less noxious for the germination process (Barnett and Chappell, 1975; National Research Council, 1981; Willan, 2001). An additional attribute of pelleting is that a uniform shape and weight of propagules is obtained, making handling and distribution an easier task (Wood, 1981, 1983 and 2000; Pemán, 2002; Vargas, 2003). Another option is to mix seeds with stuffing material such as agriculture seeds or preferably sawdust (Westveld, 1949; Aviación Forestal, 2004).

With respect to soil preparation, plant establishment is reduced in areas with excessive vegetation competition and in sites exposed to sunlight (Westveld, 1949). In Russia for example, in places subjected to fires or logging, sowing without soil removal brought better results than plowing (Unasylyva, 1953).

One problem linked to aerial seeding is the difficulty to determine seed density in the field (San Buenaventura y Asiddao, 1957; Derr, 1958; National Research Council, 1981). The risk that the material falls off-site increases with the altitude of the flight and the lack of satellite navigation systems (Wood, 2000). In seeding by aircrafts, Westveld (1949) reported an average speed of 130 km h^{-1} at a height of 15 to 23 m above tree crowns; the distances between flight lines were around 15 m. Aviación Forestal (2004) indicates that in airborne dispersal of seeds, straight lines have been followed, flying at a height of 100 m and 230 km h^{-1} .

When analyzing the airborne dispersal of poison bait for noxious wildlife, Morgan (1994) found that without marking the flying lines on the ground an incorrect distribution came out, which can be improved through satellite equipment for flights guiding. Although other authors have established that this navigation equipment can even control the output of seeds from deposits (Aviación Forestal, 2004), air hoses are still being put at the corners of the land to favor the proper dispersal of seeds (Casas, 2000). In addition, in order to get more efficiency in this process, exploratory flights are recommended over the focused area (National Research Council, 1981).

The highest aerial reforestation cost is seed (Duryea, 2000). According to the National Research Council (1981), the characteristics that make species suitable for seeding are: easy collection of the seeds in large quantities, their average size, being compatible with the planting equipment, having high germination potential and ability to germinate fast. Besides this, seedlings should tolerate sunlight, temperature variations, long periods of drought, a wide range of soil conditions and an ability to grow quick deep roots in

exploratorios en el área de interés (National Research Council, 1981).

El mayor costo en la reforestación aérea es por concepto de la semilla (Duryea, 2000). De acuerdo con el National Research Council (1981) las características que hacen a una especie apropiada para la siembra aérea son las siguientes: facilidad de recolección de semillas en grandes cantidades, tamaño medio de éstas; ser compatibles con los dispositivos de siembra; tener alto poder germinativo y capacidad para germinar pronto en la superficie del terreno. Aunado a lo anterior, las plántulas deben tolerar la insolación, las variaciones de temperatura, periodos prolongados de sequía, una amplia gama de condiciones del suelo y desarrollar raíces profundas rápidamente para que las plantas tengan más probabilidad de tolerar condiciones climáticas adversas en el periodo posterior a la germinación.

Debido a la urgente necesidad de revertir los altos índices de deforestación en México, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) empezó a implementar el método de siembra aérea a principios del presente siglo (Nevares, 2003; Vargas, 2003) y en el 2006 solicitó al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) el seguimiento de los trabajos de campo, particularmente en Quintana Roo, en donde se utilizó semilla de pich (*Enterolobium cyclocarpum*).

En otras regiones del país el nombre común de este taxón es guanacastle o parota. *Enterolobium cyclocarpum* es una leguminosa mimosoidea tropical de rápido crecimiento, cuyo principal valor reside en sus semillas comestibles y su madera semipreciosa, la cual es apreciada por sus buenas características, no obstante que produce un polvo irritante al trabajarla (Pennington y Sarukhán, 1998; Benítez *et al.*, 2004).

El objetivo del trabajo fue evaluar la dispersión de las semillas y el crecimiento inicial de las plántulas de pich (*Enterolobium cyclocarpum*) de la siembra aérea realizada en el 2006 en el ejido Leona Vicario, municipio Benito Juárez, Q. Roo.

Las hipótesis del estudio fueron:

- a) La semilla dispersada vía aérea caerá en el terreno.
- b) Las plántulas producto de la dispersión aérea presentarán buen desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del sitio

La superficie reforestada se ubica en el ejido Leona Vicario, municipio Benito Juárez, Quintana Roo, México (Figura 1), entre

order to enhance the probability to tolerate adverse weather conditions in the period after germination.

In response to the urgent need to reverse deforestation rates in Mexico, the National Forestry Commission (CONAFOR) began to implement the method of aerial sowing at the beginning of this century (Nevares, 2003; Vargas, 2003) and in 2006 requested INIFAP the monitoring of field work, particularly in Quintana Roo, where "pich" seeds were used (*Enterolobium cyclocarpum*).

In other regions of Mexico, the common name of this species is "guanacastle" or "parota". *Enterolobium cyclocarpum* is a leguminous fast-growing tropical mimosoidea, whose main value lies in its edible seeds and semi-precious wood, which is valued for its good features, however it produces an irritant powder when it is being shaped (Pennington y Sarukhán, 1998; Benítez *et al.*, 2004).

The objective of the present research was to evaluate the dispersion of seeds and early growth of seedlings of "pich" (*Enterolobium cyclocarpum*) from the aerial seeding of 2006 in the Leona Vicario ejido, state of Quintana Roo.

The hypotheses of the study were:

- a) The dispersed seeds by air will fall on the ground.
- b) Seedlings from air dispersion showed good development.

MATERIALS AND METHODS

Site features

The reforested area is located in the ejido Leona Vicario, at Benito Juárez municipio, in the State of Quintana Roo, Mexico (Figure 1) between 20°55'00" and 20°58'42" 'North and between 87°13'32.2" and 87°16'00" of West and at an altitude of 10 m. Weather is subhumid warm with summer rains and an estimated annual average temperature of 24.5 ° C. The annual rainfall from 1,130 to 1,182 mm and the dominating soil type is litosol. The dominant vegetation is semi-evergreen medium rain-forest.

From the 2,000 ha of reforested land, 33 ha (300 x 1,100 m) were taken to establish plots for monitoring the aerial seeding. No additional work to prepare the ground was made, since a forest fire in the Spring of 2006 had left it in the right conditions for the sowing.

Germination test

The *Enterolobium cyclocarpum* material, collected in Yucatan, Campeche and Quintana Roo during 2005 and 2006 was used.



Figura 1. Ubicación geográfica de área de estudio.
Figure 1. Location of study area.

las coordenadas 20°55'00" a 20°58'4.2" de latitud norte y 87°13'32.2" a 87°16'00" de longitud oeste, a una altitud de 10 m. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual estimada de 24.5 °C; la precipitación anual es de 1,130 a 1,182 mm y predominan los suelos de tipo litosol. La vegetación dominante es selva mediana subperennifolia.

De las 2,000 ha reforestadas se seleccionó un área de 33 ha (300 x 1,100 m) donde se establecieron las parcelas para el seguimiento de la siembra aérea. Ahí no se efectuó ningún trabajo adicional de preparación del suelo, pues el incendio de la primavera del 2006 lo había dejado en condiciones adecuadas para el trabajo propuesto.

Prueba de germinación

Se usó material de *Enterolobium cyclocarpum* recolectado durante 2005 y 2006 en Yucatán, Campeche y Quintana Roo.

Para eliminar el efecto inhibitorio que tiene la testa impermeable de esta especie sobre la germinación, las semillas se sumergieron en agua caliente a 75 °C por seis minutos (Ramírez y Camacho, 1987; Camacho, 1994). Con el fin de verificar la germinación se realizaron pruebas con cuatro repeticiones de 100 semillas de cada lote dentro de charolas de plástico transparente y se utilizó tierra como sustrato, las cuales fueron incubadas a 28 °C durante 28 días en el Laboratorio de Germoplasma Forestal del CENID-COMEF.

Diseño de las unidades de muestreo

En el centro del terreno de 2,000 ha se delimitó una franja de 300 x 1,100 m (33 ha) orientada de norte a sur (Westveld, 1949; San Buenaventura y Asiddao, 1957; Casas, 2000), en la que se ubicaron las unidades de muestreo designadas como temporales y permanentes, ambas de forma rectangular.

To remove the inhibitory effect of the impermeable seed coat of this species over germination, seeds were immersed in hot water at 75 °C for six minutes (Ramírez and Camacho, 1987; Camacho, 1994). In order to verify germination, some tests were made with four replications of 100 seeds of each lot in transparent plastic trays, using soil as a substrate, and were incubated at 28 °C during 28 days in the Forest Germ Plasm Laboratory of CENID COMEF.

Design of sampling units

In the central part of the 2,000 ha land, a 300 x 1100 m (33 ha) a strip was marked following a North - South orientation (Westveld, 1949; San Buenaventura and Asiddao, 1957; Casas, 2000), where temporary and permanent sampling units were located, both with a rectangular shape.

Temporary plots were covered with a 150 bore polyethylene sheet, 3 m wide by 16.6 m long (Figure 2), for the aim of assessing the amount of seeds dispersed by the aircraft. To facilitate the placement of the plastic cover on the 50 m² corresponding to the temporary plot, it was necessary to clean the area of vegetation with chainsaws and "machetes".



Figura 2. Lámina de polietileno de la parcela temporal.
Figure 2. Polyethylene sheet of the temporary plot.

Las parcelas temporales fueron cubiertas con una lámina de polietileno calibre 150 de 3 m de ancho por 16.6 m de largo (Figura 2) con el propósito de evaluar la cantidad de semillas dispersadas por la aeronave. Para facilitar la colocación de la cubierta plástica en los 50 m² que correspondían a la parcela temporal fue necesario limpiar el espacio de vegetación con motosierra y machete.

Las parcelas permanentes se delimitaron en forma paralela a las temporales, a una distancia de 4 m (Figura 3). En ellas se llevó a cabo el monitoreo del desarrollo de las plántulas de *Enterolobium cyclocarpum*.

El criterio para definir el tamaño de la parcela temporal (50 m²) fue el número potencial de semillas que caerían en una superficie de tamaño fijo fuera superior a 15 individuos, a partir de la densidad de semillas programada (5,000 ha⁻¹) y con base en el supuesto de que la dispersión de las semillas es aleatoria. Este tamaño de la unidad de muestreo superó a los de Westveld (1949), San Buenaventura y Asiddao (1957) y Casas (2000).

Se establecieron 33 unidades de muestreo distribuidas en el área de estudio de manera sistemática y espaciadas a una distancia de 100 m (Figura 4), con lo que se obtuvo una intensidad de muestreo del 0.5%.

Equipo de siembra

La siembra aérea la realizó una compañía particular el 5 de agosto del 2006. Se empleó una avioneta Air Tractor AT-402 con un motor Pratt & Whitney PT6-15AG. En la tolva de la aeronave se conectaba un Venturi dispersor graduable con capacidad de descarga de 0.01 hasta 150 kg ha⁻¹, mismo que se calibraba mediante la velocidad de giro de un rodillo alimentador dotado de aletas.

La aeronave disponía de un geolocalizador satelital DGPS Marca Satloc 99.5G AGNAV que contenía las coordenadas del área y registraba digitalmente las líneas en que se activaba el Venturi para la dispersión de la semilla. Los vuelos se realizaron a una velocidad de 240 km h⁻¹ y a una altura de 100 m.

Dispersión de la semilla y evaluación posterior

El día anterior a la dispersión de la semilla las parcelas temporales se cubrieron con el plástico de polietileno. Las permanentes se delimitaron mediante cinta y estacas. Momentos después de efectuada la liberación del material se inspeccionaron las primeras para contar el número de semillas en cada una de ellas y retirar el plástico.

Permanent and temporary plots were delimited following a parallel display, at a 4 m distance (Figure 3). The development of seedlings of *Enterolobium cyclocarpum* was monitored in both types of plots.

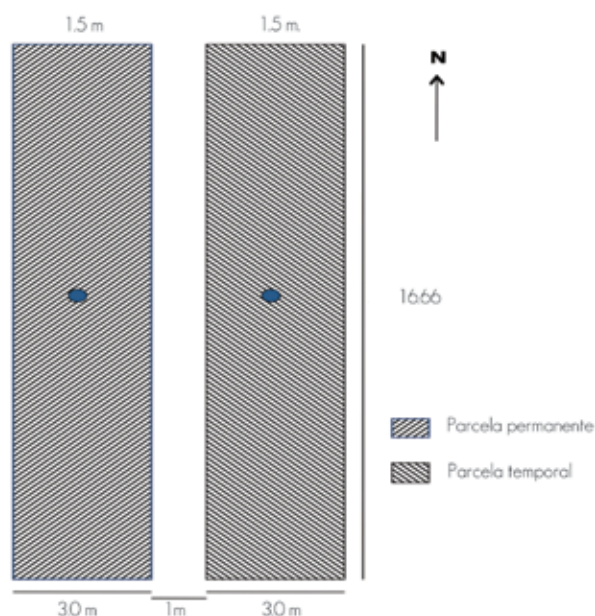


Figura 3. Unidades de muestreo
Figure 3. Sampling units

The criterion for defining the temporary plot size (50 m²) was that the potential number of seeds that could fall on an area of fixed size would be more than 15 individuals, based on the programmed seed density (5,000 ha⁻¹) and under the assumption that seed dispersal occurs randomly. The size of the sampling unit was bigger than what Westveld (1949), San Buenaventura and Asiddao (1957) and Casas (2000) used.

33 sampling units were established and systematically distributed in the study area and spaced at a distance of 100 m (Figure 4), thus obtaining a sampling intensity of 0.5%.



Figura 4. Separación entre unidades de muestreo.
Figure 4. Spacing between sampling units

El monitoreo del número de plántulas emergidas y su altura, esta última se consideró desde el nivel del suelo hasta la yema terminal, se hizo en las parcelas permanentes a los 45 y 90 días a partir de la siembra (Figura 5).

Análisis de datos

La información de campo se analizó mediante el Statistical Analysis System (SAS) V8, y consistió en estimaciones puntuales y por intervalo (al 95% confianza) de cada uno de los siguientes parámetros: número promedio de semillas dispersadas por hectárea, número promedio de plántulas por hectárea y altura promedio de las plántulas a los 45 y 90 días de la siembra aérea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La germinación obtenida por cada uno de los lotes de semillas utilizadas en la siembra después del tratamiento con agua a 75°C por 6 minutos alcanzaron valores superiores a 40% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de germinación de lotes de *Enterolobium cyclocarpum* en la siembra aérea en el ejido Leona Vicario, Quintana Roo.

Table 1. Germination of *Enterolobium cyclocarpum* lots in aerial seeding in Leona Vicario ejido, Quintana Roo.

Procedencia	Año	Testigo	(%) Germinación
Yucatán	2005	0.00	49.75
Campeche	2005	4.00	62.50
Quintana Roo	2005	3.00	70.50
Yucatán	2006	0.00	41.00

Al dispersar la semilla, la aeronave tendió a concentrarse en la porción noroeste de la franja experimental (Figura 6).

No obstante que la aeronave disponía de un geolocalizador satelital (Morgan, 1994 y Wood, 2000) y se contaba con marcas visuales (Casas, 2000) representadas por las parcelas temporales, la cantidad de semilla ha'estimada fue relativamente inferior a la programada (78.3 %) (Cuadro 2). La amplitud del intervalo de confianza se relaciona con la variabilidad del número de semillas entre parcelas temporales, cuyo coeficiente de variación fue alrededor del 50% (Cuadro 2), inclusive algunos valores son iguales a cero (Figura 7).

Los datos coinciden con los citados por Derr (1958), San Buenaventura y Asiddao (1957) y National Research Council (1981), respecto a la dificultad de obtener una densidad de semillas precisa en el terreno. El resultado puede estar asociado con la altura de vuelo de la aeronave (220 m) con lo que se esperaba una franja de siembra de 100 m de ancho.

Sowing equipment

Air sowing was carried out by a private company on August 5th, 2006 with an Air Tractor AT-402 light aircraft with a Pratt & Whitney PT6-15AG motor. In the hopper of the aircraft was connected a Venturi disperser with adjustable discharge capacity of 0.01 to 150 kg ha⁻¹, which was adjusted by the turning speed of a feed roller equipped with fins.

The aircraft had a Satloc 99.5G AGNAV DGPS satellite geolocator, with the coordinates of the area and the lines where Venturi was activated for seed dispersal were recorded digitally. The speed of the flights was 240 km h⁻¹.

Seed dispersal and subsequent evaluation

A day before seed dispersal, the temporary plots were covered with polyethylene plastic. The permanent plots were delimited with tape and stakes. Moments after the release of the seeds was made, they were inspected to count the number of seeds in each plot and to remove the plastic.

The monitoring of the number of germinated seedlings and their height was made in the permanent plots, at 45 and 90 days after sowing. It was considered from ground level to the terminal bud (Figure 5).



Figura 5. Medición de la altura en plantas de pich.
Figure 5. Measurement of "pich" plant height.

Data analysis

Field data were analyzed by using the Statistical Analysis System (SAS) V8; tests consisted in joint estimates and by interval (at 95% confidence) of each of the following parameters: average number of seeds dispersed per ha⁻¹, average number of seedlings per ha⁻¹ at 45 and 90 days after aerial seeding, and average height of seedlings at 45 and 90 days after seeding.

Cuadro 2. Estimación del número de semillas por parcela y por hectárea de *Enterolobium cyclocarpum* en la dispersión aérea realizada en el ejido Leona Vicario, municipio Benito Juárez, Quintana Roo.

Table 2. Estimated number of seeds per plot and per hectare of *Enterolobium cyclocarpum* from the aerial dispersal made in the Leona Vicario ejido, Quintana Roo.

Nivel de estimación	Densidad programada	CV	Número de semillas	Intervalo de Confianza al 95%*	
				LI	LS
Parcela	25	49.77	19.58	16.18	22.97
Hectárea	5,000	-	3,915	3,237	4,593

CV=Coeficiente de Variación; LI=Límite Inferior; LS=Límite Superior.*Se supuso normalidad del estimador.

CV= coefficient of variation; LI=Lower Limit; LS=Upper Limit.* Normality of the estimator was assumed.

Durante el periodo de monitoreo se observó un incremento en el número de plantas de pich en las parcelas permanentes (Cuadro 3), aspecto que también reconocieron inicialmente San Buenaventura y Asiddao (1957) en siembras aéreas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. En leguminosas ocurre una pérdida progresiva de la impermeabilidad de las semillas, por lo que en evaluaciones sucesivas se registraron incrementos en la cantidad de las plántulas (Camacho, 1994).

Cabe mencionar que como se esperaba no hubo emergencia de plántulas de pich en las parcelas temporales, que durante la siembra estuvieron cubiertas con plástico, lo que evidenció que no existía banco de semillas de la especie sembrada.

RESULTS AND DISCUSSION

The germination from each of the lot of seeds used for sowing after the treatment with water at 75° C for 6 minutes, reached values over 40 per cent (Table 1).

During seed dispersal, the aircraft tended to keep at the Northwestern portion of the experimental band (Figure 6).



Figura 6. Tendencia del vuelo de la avioneta en la siembra efectuada en el ejido Leona Vicario, municipio Benito Juárez, Q. Roo.

Figure 6. Tendency of the airplane flight in the sowing at the Leona Vicario ejido, Q. Roo.

Although the aircraft had a satellite GPS (Morgan, 1994; Wood, 2000) and visual marks (Casas, 2000) represented by the temporary plots, the estimated quantity of seed ha⁻¹ was rather lower than what was programmed (78.3%) (Table 2). The amplitude of the confidence interval is related to the variability of the number of seeds among temporary plots, whose coefficient of variation was around 50 per cent (Table 2) and even some values were equal to zero (Figure 7).

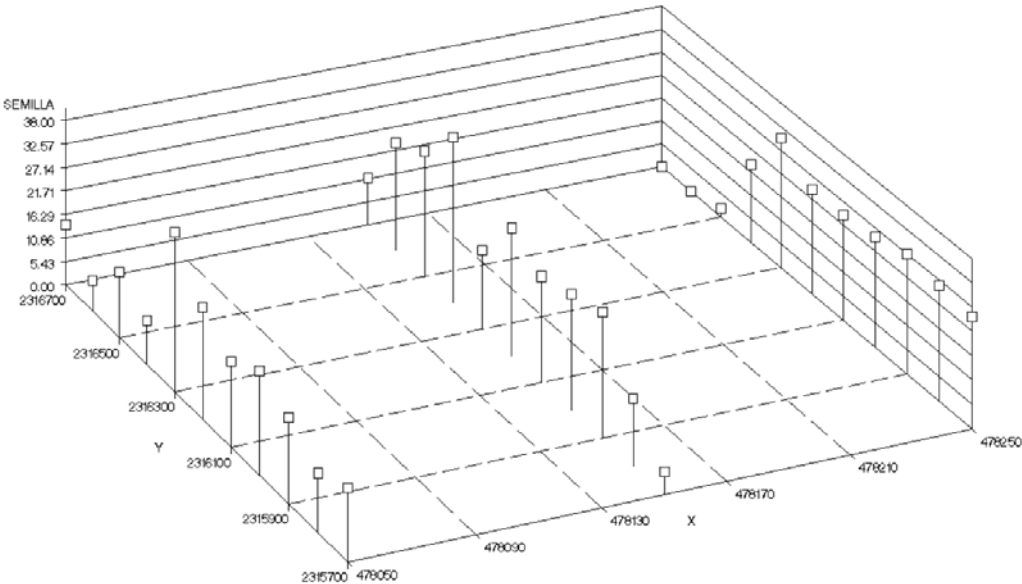


Figura 7. Número de semillas recolectadas en las parcelas temporales. Las letras X y Y son las coordenadas UTM.
Figure 7. Number of seeds collected from temporary plots. (X and Y letters are UTM coordinates).

De acuerdo a la estimación puntual del número de plantas por hectárea (Cuadro 3), la cantidad de individuos a los 90 días de la siembra fue alrededor de 22% de las semillas encontradas (Cuadro 2), porcentaje similar al logrado en otros estudios (Casas, 2000).

These data are consistent with those from Derr (1958), San Buenaventura and Asiddao (1957) and the National Research Council (1981), in regard to the difficulty to obtain an accurate density of seeds on the ground. The result may be associated

Cuadro 3. Estimación del número de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* en el ejido Leona Vicario, Q. Roo.

Table 3. Estimated number of plants of *Enterolobium cyclocarpum*, in the Leona Vicario ejido, Q. Roo.

Nivel de estimación	Días después de la dispersión	CV	Número de semillas	Intervalo de Confianza al 95%*	
				LI	LS
Parcela	45	77.88	3.76	1.48	6.04
	90	74.25	4.33	1.83	6.84
Hectárea	45	-	752	296	1208
	90	-	867	366	1368

CV=Coeficiente de Variación; LI=Límite Inferior; LS=Límite Superior.*No se propuso normalidad del estimador

CV= coefficient of variation; LI=Lower Limit; LS=Upper Limit.* Normality of the estimator was assumed.

Durante el periodo de evaluación, el crecimiento de las plantas fue relativamente rápido, ya que la altura final se estimó entre 32 y 50 cm, con una confiabilidad del 95%; todas las plantas presentaron hojas primarias y secundarias (Cuadro 4). Fuera de las parcelas permanentes se localizaron individuos hasta de 1 m de altura.

with the altitude of the airplane flight (220 m), with which a planting strip of 100 m wide was expected.

During the monitoring period it was observed that the number of plants of "pich" in the permanent plots increased (Table 3), a fact that was originally recognized by San Buenaventura and

Cuadro 4. Estimación de la altura promedio de plantas de *Enterolobium cyclocarpum* en el ejido Leona Vicario, Quintana Roo.

Table 4. Estimation of the average height of plants of *Enterolobium cyclocarpum*, in the Leona Vicario ejido, Quintana Roo.

Días después de la dispersión	CV	Altura promedio (cm)	Intervalo de Confianza al 95%*	
			LI	LS
45	25.59	21.41	17.02	25.82
90	26.55	40.74	32.05	49.43

CV=Coeficiente de Variación; LI= Límite inferior; LS=Límite Superior.*Sin suposición de la normalidad del estimador.

CV= coefficient of variation; LI=Lower Limit; LS=Upper Limit.* Normality of the estimator was assumed.

CONCLUSIONES

El número de semillas por hectárea dispersada por la aeronave se estimó entre 3,237 y 4,593 (95% de confianza), por lo que la densidad programada (5,000 semillas ha⁻¹) no se logró.

El número estimado de plantas por hectárea a los 90 días de haber realizado la siembra aérea fue 867, por lo que a esta edad se considera un establecimiento de aproximadamente 22%.

Dadas las condiciones ambientales de la zona de estudio, el crecimiento inicial de las plantas de *Enterolobium cyclocarpum* es correcto, ya que alcanzaron una altura promedio de 40 cm a los tres meses de edad.

Asiddao (1957) in aerial sowing of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. In legumes a progressive loss of the impermeability of the seed occurs, thus, in successive evaluations, the number of seedlings was higher (Camacho, 1994).

It is noteworthy that, as expected, there was no emergence of "pich" seedlings in the temporary plots, which, when planting, were covered with plastic, which made evident that there was no seed bank of the sown species.

From the punctual estimation of the number of plants per hectare (Table 3), the number of individuals 90 days after planting was about 22 per cent of the seeds found (Table 2), a percentage similar to that achieved in other studies (Casas, 2000).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Comisión Nacional Forestal por el financiamiento del proyecto "Evaluación de la reforestación aérea 2006"; así como, a las personas que contribuyeron en la toma de datos de campo.

REFERENCIAS

- Aviación Forestal 2004. Reforestación Aérea. <http://www.aviafor.com/casos/reforestacion.htm> (noviembre de 2007).
- Barnett, J. P. and T. W. Chappell. 1975. Viability of seeds sown with an aerial multiple-row seeder. *Tree Planters' Notes* 26 (2):1-2.
- Benítez B., G., M. T. P. Pulido-Salas y M. Equihua Z. 2004. Árboles nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología A.C. Sistema de Investigación del Golfo Centro. Comisión Nacional Forestal. Xalapa, Ver. México. pp: 110-111.
- Boland, D. J., M. I. H. Brooker and J.W. Turnbull. 1980. *Eucalyptus* seed. Dirección de Investigación Forestal. Organización de Investigación Científica e Industrial del Commonwealth (CSIRO). Canberra, Australia. 191 p.
- Brohm, H. H. 1967. Broadcast seedings from helicopters in Ontario. *Tree Planters' Notes* 18 (1): 18-19.
- Camacho M., F. 1994. Dormición de semillas. causas y tratamientos. Ed. Trillas. México, D.F. México. 125 p.
- Campbell, M. H. 2001. Establishment of trees on nonarable land to replace weeds. A report for the RIRDC/Land & Water Australia/ FWPRDC. Joint Venture Agroforestry Program RIRDC Project No DAN-126A. Orange, NSW, Australia. 33 p. <http://www.rirdc.gov.au/reports/AFT/DAN-126A.pdf#search='aerial%20sowing> (noviembre de 2007).
- Casas N., T. 2000. Estudi de la sembra aèria feta al Parc Natural del Garraf després de l'incendi de 1994. Fases I i II. III Trobada d'Estudiosos del Garraf Servei de Parcs Naturals, Diputació de Barcelona. Monografies 30: 85-92. <http://www.diba.es/parcsn/parcs/fitxers/pdf/pi0d034.pdf> (noviembre de 2007).
- Castell, C. y S. Llacuna. 2000. Seguiment i avaluació dels resultats de la sembra aèria de l'any 1994 al Parc Natural del Garraf. III Trobada d'Estudiosos del Garraf Servei de Parcs Naturals, Diputació de Barcelona. Monografies 30: 81-83. <http://www.diba.es/parcsn/parcs/fitxers/pdf/pi0d033.pdf> (noviembre de 2007).
- Castell, C., S. Llacuna y J. Riera. 2003. Estado actual de la sembra aèria de pi blanc realitzada l'any 1994 al Parc del Garraf. IV Trobada d'Estudiosos del Garraf Servei de Parcs Naturals, Diputació de Barcelona. Monografies 37: 75-77. <http://www.diba.es/parcsn/parcs/fitxers/pdf/pi0d080.pdf> (noviembre de 2007).
- Cultura Forestal Integral, A. C. 2007. Sistema de reforestación intensivo por esferas. http://www.montanismo.org.mx/articulos.php?id_sec=14&id_art=1141&num_page=3783 (noviembre de 2007).
- Derr, H. J. 1958. Direct seeding: a fast, reliable method of regenerating longleaf pine. *Tree Planters' Notes* 9 (3): 12-14.
- Duryea, M. L. 2000. Forest Regeneration Methods: Natural Regeneration, Direct Seeding and Planting. Florida Cooperative Extension Service Circular 759, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Gainesville, FL USA. 130 p.
- Ezell, A. W. 2009. Direct seeding: a forest regeneration alternative. Extension Service of Mississippi State University Publication 1588. Mississippi State University. <http://msucares.com/pubs/publications/pi588.htm> (agosto de 2010).
- Llacuna, S. 2000. Incidència dels micromamífers sobre les llavors de pi blanc (*Pinus halepensis*). III Trobada d'Estudiosos del Garraf Servei de Parcs Naturals, Diputació de Barcelona. Monografies 30: 77-80. <http://www.diba.es/parcsn/parcs/fitxers/pdf/pi0d032.pdf> (noviembre de 2007).

During the assessment period, plant growth was rather fast, in as much as the final height was estimated between 32 and 50 cm, with a 95 per cent confidence, all plants showed primary and secondary leaves (Table 4). Outside the permanent plots, individuals up to 1 m tall were located.

CONCLUSIONS

The number of dispersed seeds per hectare scattered by the aircraft was estimated between 3,237 and 4,593 (at 95 per cent confidence), so the programmed density (5,000 seeds ha⁻¹) was not achieved.

The estimated number of plants per hectare after 90 days of seeding was 867, which suggests an establishment near 22 per cent.

Starting from the environmental conditions of the study area, the initial growth of plants *Enterolobium ciclocarpum* was correct, since they reached an average height of 40 cm at three months old.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the National Forestry Commission for financing the project "Evaluation of aerial reforestation 2006", as well to the people who contributed in taking field data.

End of the English version

- Morgan, D. R. 1994. Improving the efficiency of aerial sowing of baits for possum control. *New Zealand J. Agric. Res.* 37: 199-206.
- National Research Council. 1981. Sowing forests from the air. National Academy Press. Washington, D C. USA. 63 p.
- Nevares, G., A. 2003. CONAFOR: cierre 2003 y expectativas 2004. *Forestal XXI* 6(6):26.
- Pemán, O. 2002. Pildorado de semillas de especies forrajeras subtropicales. Oscar Pemán y Asociados. <http://www.peman.com.ar/novedades/2002/mayo.htm> (noviembre de 2007).
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. 1998. Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies. UNAM. Fondo de Cultura Económica. 2da Ed. México, D.F. México. pp. 210-211.
- Ramírez O., M. G. y F. Camacho M. 1987. Tratamiento de semillas latentes de importancia económica. *Biología y otras ciencias* 16(1-4):37-42.
- Roget, X. 2000. Restauración de pinedes joves del Parc Natural del Garraf mitjançant sembra aèria. Balanç. III Trobada d'Estudiosos del Garraf Servei de Parcs Naturals, Diputació de Barcelona. Monografies 30: 73-76. <http://www.diba.es/parcsn/parcs/fitxers/pdf/pi0d031.pdf> (noviembre de 2007).
- San Buenaventura, P. and F. Asiddao. 1957. Preliminary test on aerial seedling of ipil-ipil (*Leucaena glauca* (L.) Benth.). *Philippines J. Forestry*. 13(3-4): 119-134.
- Schroeder, G. H. 1950. Seedling of forest land from the air. *J. Forestry*. 48 (10): 712-715.
- Unasylyva 1953. Noticiero mundial (silvicultura); Unión de Repúblicas Soviéticas Socialistas. *Unasylyva* 7(4): 205.
- Vargas M., R. 2003. Se avanza en el dominio de la siembra directa de semillas peletizadas. *Forestal XXI* 6(5): 23-24. dtic.mil/oa/oa/?&verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA114846 (noviembre de 2007).

- Westveld, M. 1949. Airplane seeding: A new venture in reforestation. *Unasyvla*. 3(3):95-99. <http://www.fao.org/docrep/x5350s/x5350s02.htm> (noviembre de 2007).
- Willoughby, I., Jinks, R. Gosling, P. and G. Kerr. 2004. Creating new broadleaved woodland by direct seeding. Forestry Commission Practice Guide. Forestry Commission, Edinburgh. UK. 32 p.
- Willan, R. L. 2001. Pretratamiento de semillas. *Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma* 6:13-27.
- Wood, A. D. 1981. Brief outline of an aerial planting concept for forestry applications (Bref examen du principe de plantation par voie aerienne applique a la foresterie). Aeronautical Rept. National Aeronautical Establishment Ottawa (Ontario). 15 p. <http://stinet.dtic.mil/oai/oai?&verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA114846> (noviembre de 2007).
- Wood, A. D. 1983. Exploratory field investigation of ground penetration by aerial planting-darts and subsequent germinant survival (Etudes Preliminaires sur le Terrain de la Penetration et de la Survie Ulterieure de Semis en Tubes (DARDS) Plantes par Aeronef). National Aeronautical Establishment Ottawa (Ontario). Canada. 62 p. <http://stinet.dtic.mil/oai/oai?&verb=getRecord&metadataPrefix=html&identifier=ADA128324> (noviembre de 2007).
- Wood, A. D. 2000. Experimental studies of potential improvements in the forest regeneration capabilities of «seed-containing aerial darts». *Forestry Chronicle* 76(3):406-418.