



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE
AGRICULTURA

-ENCA-

FACULTAD DE AGRONOMIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO-EPS-



INFORME DE RESULTADOS MENSUALES PARA LA ESCUELA NACIONAL
CENTRAL DE AGRICULTURA -ENCA-, BAJO SUBVENCION Y PROGRAMACION
DE DESEMBOLSOS.

Periodo: febrero 2022

Producto.

- Mantenimiento y evaluación de huerto semillero forestal.
- Producción y manejo de vivero de especies vegetales.
- Elaboración de 3 diseños agroforestales

f

Rony Oswaldo Camposeco

Estudiante EPS

f

Ing. Mario Buch

Jefe de la sección de investigación



Barcena, Villa nueva, Guatemala febrero de 2022.

INTRODUCCION

La Escuela Nacional Central de agricultura es la encargada de regir a nivel nacional la formación de los futuros profesionistas del ámbito agrícola y forestal, formando a los futuros peritos agrónomos y forestales, esto bajo el lema "aprender haciendo".

El área denominado IAN es una de las áreas con las que cuenta la escuela, la cual actualmente no se explota de manera intensiva, en este área se encuentra el huerto semillero de eucalipto, este huerto cuenta con 6 distintas especies, siendo 5 de eucalipto y 1 de corimbias, las cuales su fin primordial es la generación de material genético, es decir la realización de cruces específicos a través de la polinización artificial, esto para poder obtener híbridos de las distintas especies para su posterior análisis de rendimientos e identificación de características de los progenitores. Para esto se deben realizar una gran cantidad de actividades en el área para garantizar dichos resultados, entre los que se mencionan la realización de las polinizaciones, monitoreos de floración, monitoreos de las capsulas y del estado de maduración para su cosecha y actividades de manejo.

Con el objetivo de generar propuestas de uso para el IAN se están diseñando tres sistemas agroforestales para analizar su potencial estableciendo en dicha área. Los sistemas agroforestales propuestos son; SAF de café, sistemas silvopastoril y sistema agrosilvopastoril (huerto diversificado).

De la misma forma el área de viveros es donde se obtienen plántulas de distintas especies forestales, en esta área se cuenta con mas de 600 plantas de eucalipto con las que se tiene planteado completar el huerto semillero, las cuales serán llevadas a campo definitivo al inicio de la época lluviosa, por lo que es necesario realizar actividades de manejo a estas plantas.

En este informe se describen actividades realizadas durante el mes de febrero, tanto actividades decampo como las de gabinete, de esta forma podemos mencionar actividades para beneficio del área del IAN como lo son el desmalezado del huerto semillero, la colocación de cedazo en cada planta de eucalipto y corimbias para la protección de los mismos de plagas como roedores. De la misma forma en gabinete se realizo el diseño espacial con la ayuda del software AutoCAD de los 3 sistemas agroforestales planteados, esto según el terreno con que se cuenta en el área en cuestión, también se describen actividades realizadas en el vivero como lo son el deshije de las plántulas de eucalipto ya que si no se realiza dicha actividad los rebrotes se desarrollan mas que el injerto realizado, perdiendo así la genética que se selecciono para el huerto.

Así mismo se incluye el primer borrador de avances del informe de investigación que se realiza en el IAN, siendo este la evaluación de compatibilidad entre 4 especies de eucalipto en época seca.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA
COORDINACIÓN AREA INTEGRADA

PROGRAMACIÓN MENSUAL

| | | |
|----------------------|--|-----------------|
| MES | ESTUDIANTE: | CARNÉ: |
| Febrero | Rony Oswaldo Camposeco Montejo | 201703520 |
| LOCALIDAD: | INSTITUCIÓN: | DOCENTE: |
| Bárcena, Villa Nueva | Escuela Nacional Central de Agricultura ENCA | Mario Buch |

Tabla 1: Actividades de campo realizadas en el mes de febrero

| No. | Actividad | Objetivo | Logro esperado |
|----------------------|--|---|---|
| Fase de campo | | | |
| 1 | Colocación de cedazo en plantas del huerto semillero | Proteger el tallo de roedores en las plántulas de eucalipto en el huerto semillero. | Reducir el daño por roedores en plantas del huerto semillero |
| 2 | Desmalezado en el huerto semillero | Eliminar las plantas no deseadas en el huerto semillero que no sea de interés. | Reducir los posibles focos de plagas y enfermedades que ataquen el eucalipto. |
| 3 | Deshije de plántulas de vivero | Evitar que los rebrotes consuman los nutrientes y energías en su desarrollo en vez del injerto, para así garantizar la genética deseada y que el injerto se desarrolle de la mejor forma. | Eliminar rebrotes de los patrones de las plantas injertadas que se encuentran en el vivero semillero. |
| 4 | Cosecha de capsulas de eucalipto | Enseñar a estudiantes las características que las capsulas poseen al momento de ser ideales para la cosecha | Cosecha de capsulas de eucalipto que se encuentren en estado ideal y obtención de semilla. |

Fuente: Propia

Tabla 2: Actividades de gabinete realizadas en el mes de febrero

| No. | Actividad | Objetivo | Logro esperado |
|-------------------------|--|--|---|
| Fase de gabinete | | | |
| 1 | Elaboración de diseño agroforestal de café-banano-cedro. | Conocer la distribución de las plantas de acuerdo al terreno real con que se dispone. | Mapa de distribución espacial de acuerdo al terreno con que se cuenta. |
| 2 | Elaboración de diseño silvopastoril. | Identificar el ordenamiento para el terreno real de las plantas. | Mapa de distribución espacial silvopastoril |
| 3 | Elaboración de diseño Sistema agrosilvopastoril | Señalar el orden de las plantas en el terreno definitivo. | Mapa de distribución en campo definitivo del huerto familiar |
| 4 | Investigación de compatibilidad entre especies de eucalipto. | Evaluar la compatibilidad que existe entre especies de eucalipto a través de la polinización artificial. | Generar un documento en de investigación acerca de la compatibilidad de 4 especies de eucalipto |

Fuente: Propia

RESULTADOS

Fase de campo

1. Colocación de cedazo en plantas del huerto semillero

Materiales

- Tijera
- Cedazo de alambre
- Rafia
- Tijera para alambre

Procedimiento

Con ayuda de estudiantes del curso de manejo de plantaciones pertenecientes a la carrera de perito forestal de segundo año se retiró el cedazo que poseía con anterioridad, esto se debe a que este se encuentra en mal estado en algunos casos y en otros el tamaño ya no es el adecuado, esto puede causar estrangulamiento que repercutirá en la muerte de las plantas, de esta forma se libera de todo tipo de obstrucciones y artículos que puedan causar dicho estrangulamiento.

Posteriormente se corta el cedazo de manera que proteja lo mas posible del tronco de las plantas de eucalipto, esto se realiza con el objetivo de evitar daños por roedores como lo son conejos, ratones los cuales con sus dientes dañan la parte baja del tronco formando un anillo el cual hace que dañen el floema generando así la muerte de las mismas. Una vez cortado el cedazo se le da la forma de un cilindro, el cual rodea el tronco de las plantas para posteriormente asegurarlos con rafia en la parte superior, media e inferior del cedazo.



Figura 1: Materiales y proceso de colocación de cedazo en el huerto semillero.

2. Desmalezado en el huerto semillero

Materiales

- Chapeadora de aspas
- Gasolina
- Croquis del área
- Machete

Procedimiento

Con el apoyo de estudiantes del segundo año de la carrera de perito forestal pertenecientes al curso de manejo de plantaciones se llevaron las chapeadoras motorizadas, con las que se realizó el desmalezado de las filas de eucalipto del huerto semillero del IAN, en este se realizó la eliminación de las malezas con un ancho de 0.8 a 1 metro de distancia del lado derecho y del lado izquierdo de la planta a manera de dejar una calle sin malezas, para posteriormente con ayuda del machete eliminar las plantas de maleza más grandes que con la chapeadora no sea posible eliminar. Se realizó el desmalezado de los bloques 1 y 2 del huerto. Posteriormente con la ayuda de



Figura 2: desmalezado del huerto semillero con ayuda de estudiantes del curso de

3. Deshije de plántulas de vivero

Materiales

- Alcohol
- Tijera de podar

Procedimiento

El deshije es una actividad importante en la que se retiran los rebrotes provenientes del patrón de la planta injertada. Esto con el objetivo de evitar que el patrón aproveche los nutrientes de la planta, haciendo de esta forma que el injerto se desarrolle de buena forma.

Para la realización es importante identificar las plantas que necesitan el deshije. Una vez identificada la planta se procede a desinfectar la herramienta empleada, con alcohol, esto se realiza en cada planta que se realiza el deshije, de esta forma se eliminan los brotes que la planta posea.

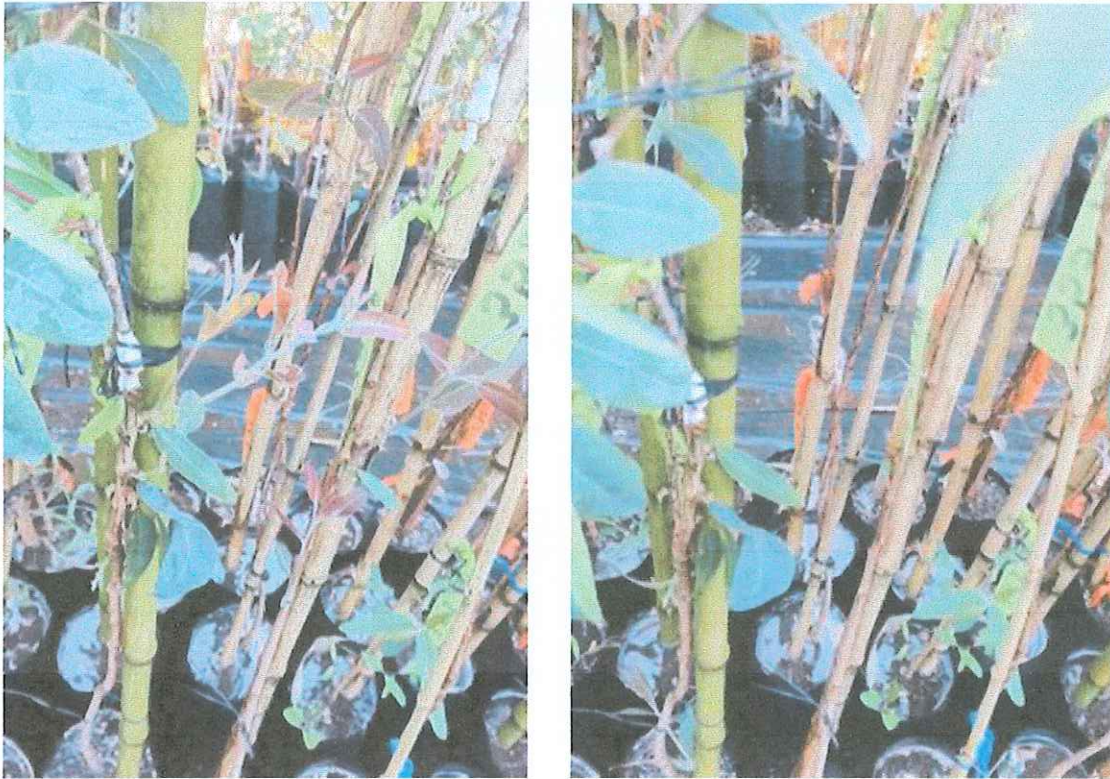


Figura 3: planta del vivero antes y después del deshije

4. Cosecha de capsulas de eucalipto

Materiales

- Tijera de podar
- Bolsas de papel
- Alcohol
- Lapicero
- Marcadores
- Libreta de apuntes
- Croquis del área

Procedimiento

En conjunto con estudiantes de tercer año de la carrera de perito agrónomo del curso de Dasonomía se impartió una charla en la que se explico lo que se esta realizando en el huerto semillero de eucalipto, en la que se describieron actividades como polinización artificial de eucalipto, selección de botones florales para recolección de polen y para polinización, así mismo el proceso después de la polinización para identificar las características de las capsulas para el punto de cosecha de los mismos.

Para la cosecha de capsulas es importante verificar que estas posean una cruz o una estrella dependiendo de la especie, la cual corresponde a la dehiscencia, esto garantiza que al ser cosechadas, estas puedan abrir de una buena forma para la recolección de semillas, para esto se almacenan en un lugar fresco, para posteriormente en un área donde la temperatura sea mayor se puedan almacenar para que estas capsulas puedan abrirse completamente y extraer la mayor cantidad de semillas posibles.



Figura 4: Charla sobre actividades del huerto semillero y colecta de semillas.



Figura 5: identificación de plantas a cosechar



Figura 6: cantidad de semilla y granza obtenida.

Fase de gabinete

1. Elaboración de diseño agroforestal de café-banano-cedro.

Materiales

- Computadora
- Mapa de áreas disponibles del IAN.
- Software AutoCAD.

SAG-CAFÉ-BANANO-CEDRO.

Área: 1ha

Numero de estratos: 3

Tabla 3: Especies seleccionadas para el SAF de café-banano-cedro

| Estrato | Especie | Cantidad |
|----------|------------------------------------|----------|
| Superior | Cedro (<i>Cedrela montana</i>) | 53 |
| Medio | banano (<i>Musa paradisiaca</i>) | 2474 |
| Inferior | café (<i>Coffea arabica</i>) | 358 |

Fuente: Propia

JUSTIFICACION

- **CEDRO** (*Cedrela montana*):

Según el manual de criterios y parámetros probosque, el cedro (cedro spp.) se encuentra entre las especies forestales maderables que tendrán prioridad en la aprobación de proyectos en la modalidad de sistemas agroforestales, por lo que es una buena opción para el establecimiento en dicho sistema agroforestal, además que esta especie en especifica (*C. montana*) o también llamada como cedro de altura se caracteriza por tener una mejor adaptación en regiones con mayor altura (1500m a 3000 msnm) en comparación a otra especie (*C. odorata*) (desde el nivel del mar hasta 800 msnm), estando la Escuela Nacional Central de Agricultura a una altitud aproximada de 1462 msnm. Según el Instituto nacional de bosques (INAB) el cedro (*Cedrela spp*) es una de las especies juntamente con la caoba (*Swietenia macrophylla*) con mayor mercado a nivel mundial, esto se debe a que la madera extraída es de una excelente calidad.

- **BANANO** (*Musa paradisiaca*)

Variedad Valery

El banano es un cultivo muy importante ya que en Guatemala se tiene una alta demanda de dicho fruto tanto para el mercado local como la exportación, siendo Guatemala el país número 3 en exportación de banano. Las plantas de banano se caracterizan por tener hojas de gran tamaño lo cual ocasiona que generen sombra lo cual para el café con que realizara un asocio se vera beneficiado por dicha

sombra, la variedad Valery se caracteriza por ser relativamente resistente a la sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis*) la cual es una de las principales enfermedades que afectan al banano, siendo esta la que acabo con las principales plantaciones de la variedad Gross Michel, además los frutos poseen un tamaño mayor.

- **CAFÉ** (*Coffea arabica*)

Variedad Obata

El café es un cultivo que posee alta demanda tanto a nivel nacional como internacional ya que Guatemala es un gran exportador de café para el mundo, Anacafe posee distintas variedades de café disponibles para el país, sin embargo la variedad Obata posee características que la hacen especial, tal es el caso de ser una planta de porte bajo con buen desarrollo secundario, sus frutos poseen una muy buena calidad de taza, se adapta bien a alturas de hasta 1600 msnm, también es tolerante a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) el cual es la principal enfermedad del café, en la actualidad se encuentra disponible para su adquisición en la Asociación Nacional del café (Anacafé).

2. Elaboración de diseño silvopastoril.

Materiales

- Computadora
- Mapa de áreas disponibles del IAN.
- Software AutoCAD

SISTEMA SILVOPASTORIL

AREA: 1ha

NUMERO DE ESTRATOS: 2

Tabla 4: Especies seleccionadas para el sistema silvopastoril

| Estrato | Especie | Cantidad |
|----------|---|----------|
| Superior | Cedro (<i>Cedrela montana</i>) | 81 |
| Medio | Cratylia: (<i>Cratylia argentea</i>) | 6900 |
| | Morera (<i>Morus alba</i>) | 9500 |
| | Madrecacao (<i>Gliricidia sepium</i>) | 7500 |
| | Leucaena (<i>Leucaena leucosephala</i>) | 23000 |

Fuente: propia

- **Estrato superior:** Cedro (*Cedrela montana*)
- **Estrato inferior:** Especies forrajeras
 - Caulote: (*Guazuma ulmifolia*)
 - Morera (*Morus alba*)
 - Madrecacao (*Gliricidia sepium*)
 - Leucaena (*Leucaena leucosephala*)

JUSTIFICACION:

- **Cedro (*Cedrela montana*)**

Según el manual de criterios y parámetros probosque, el cedro (cedro spp.) se encuentra entre las especies forestales maderables que tendrán prioridad en la aprobación de proyectos en la modalidad de sistemas agroforestales, por lo que es una buena opción para el establecimiento en dicho sistema agroforestal, además que esta especie en especifica (*C. montana*) o también llamada como cedro de altura se caracteriza por tener una mejor adaptación en regiones con mayor altura (1500m a 3000 msnm) en comparación a otra especie (*C. odorata*) (desde el nivel del mar hasta 800 msnm), estando la Escuela Nacional Central de Agricultura a una altitud aproximada de 1462 msnm. Según el Instituto nacional de bosques (INAB) el cedro (*Cedrela spp*) es una de las especies juntamente con la caoba (*Swietenia macrophylla*) con mayor mercado a nivel mundial, esto se debe a que la madera extraída es de una excelente calidad.

- Cratylia: (*Cratylia argentea*)

La especie ramifica desde la base del tallo y se reportan hasta 11 ramas en plantas de 1.5 a 3.0 m de altura, se adaptan a suelos asidos, se desarrolla de mejor forma altitudes menores de 1250 msnm, por lo que en altura mayores el desempeño es menos, sin embargo bajo un buen manejo agronómico se obtendrá un mejor desarrollo, puede alcanzar hasta un 23.5% de proteína cruda, es una buena fuente de nitrógeno fermentable en el rumen.

- Morera (*Morus alba*)

La morera es un forraje que se adapta fácilmente a las condiciones climáticas ya que puede desarrollarse desde una altitud de los 0 msnm a los 4000 msnm, por lo que se podría decir que se puede desarrollar en la mayoría de lugares, este posee una buena digestibilidad para los animales (75 a 85%) según J. Benavides. Y altos niveles de proteína (de 20 a 40%). Su reproducción, al propagarse de forma asexual a través de estacas es más sencilla.

- Madrecacao (*Gliricidia sepium*)

Esta especie se adapta ampliamente a las condiciones edafoclimáticas de La Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA) ya que puede cultivar en terrenos que se encuentran a una altitud de hasta 1600 metros sobre el nivel del mar, además es usado comúnmente como una fuente de forraje de buena calidad debido a que su porcentaje de proteína va de 18 a 27% además es utilizado con el fin de recuperar suelos pobres, degradados y para estabilizar y colonizar suelos destapados. Se le pueden realizar 3 cortes anuales.

- Leucaena (*Leucaena leucocephala*)

Esta es una especie muy conocida la cual se adapta principalmente a altitudes bajas por debajo de los 1000 msnm, sin embargo, bajo un buen manejo agronómico en altitudes superiores puede presentar un buen desarrollo, sus principales características es la resistencia a sequillas, inundaciones, suelos alcalinos también al ser una leguminosa posee la capacidad de aportar nitrógeno al suelo, también funciona como un método de conservación de suelos al tener un buen desarrollo radicular. Como forraje representa una buena opción para rumiantes con un 20 a 27% de proteína y con una digestibilidad de 60 a 70%, en el caso de mamíferos no rumiantes puede presentar toxicidad por un aminoácido llamado mimosina

3. Elaboración de diseño Sistema agrosilvopastoril

Materiales

- Computadora
- Mapa de áreas disponibles del IAN.
- Software AutoCAD

HUERTO FAMILIAL MULTI ESTRATO

JUSTIFICACION

Un sistema agrosilvopastoril es una metodología que se realiza con el fin de tener una producción sustentable para una familia, en esta se deben incluir especies diversas que puedan suplir las necesidades alimenticias, por lo que es necesario introducir una gran cantidad de especies, tales como hortalizas, especies frutales, plantas medicinales, enredaderas, así como un cerco que limite dichas plantaciones, así mismo aportar beneficios al mismo.

Con la implementación de este tipo de sistemas, en lugares donde el cultivo de subsistencia predomina, por lo que esta forma de cultivo equilibra los productos que estas familias consumen.

- **HORTALIZAS:**

Las hortalizas son cultivos generalmente de ciclo corto, los cuales no necesitan de mucho espacio para desarrollarse, estos cultivos son la base para la alimentación, ya que con estas se pueden realizar una gran variedad de alimentos, los cuales están repletos de vitaminas esenciales para el desarrollo de las personas, estos cultivos poseen distintas partes aprovechables, como lo son; las raíces, las hojas, las flores, los frutos entre otros. Siendo así una variedad de requerimientos por los que se puede dar un manejo adecuado para evitar el deterioro de las áreas de cultivo.

- **ENREDADERAS:**

Las enredaderas son plantas que poseen tallos elongados, estos no poseen la capacidad de sostenerse por si mismo, por este motivo necesita una ayuda o un soporte para su buen desarrollo fenológico. Existen gran variedad de enredaderas, entre las que poseen mayor importancia económica las de consumo alimenticio, por lo que son una buena opción para cultivar, generando así productos alimenticios, estos complementan productos como hortalizas.

- **MEDICINALES**

La medicina es una parte vital para el desarrollo humano, por lo que es una prioridad para el mismo. No en todos los lugares se tiene acceso a medicinas u puestos de salud, por lo que las plantas medicinales son una opción viable para tener un pequeño respaldo contra enfermedades que puedan padecer, la medicina natural ha sido una opción viable para el tratamiento de

malestares y enfermedades, así mismo existen plantas alimenticias o de condimento para los alimentos. Es necesario tener plantas medicinales cercanas para emergencias que se puedan llegar a dar.

- **FRUTALES**

El consumo de frutas puede contribuir a mejorar la calidad y variedad de la dieta y a proteger de enfermedades a los consumidores de estos alimentos, estas plantas pueden estar en lugares con condiciones mas adversas, por lo que el desarrollo es favorable. Existen una gran cantidad de especies frutales, por lo que son una buena opción para el aprovechamiento del lugar.

- **CERCO**

El cerco lo incluyen especies arbustivas o leñosas las cuales limitan los linderos del terreno que se posee, así mismo las divisiones del mismo, así mismo se utilizan especies a las cuales se les pueda extraer algún beneficio, tal es el caso del cedro, el cual proporciona una madera de una gran calidad, muy cotizada. Así mismo especies como la moringa y el gandul se le puede extraer beneficios tanto alimenticio, para personas y para animales y también algunos beneficios como planta medicinal en el caso de la moringa.

PLANTAS MEDICINALES

Tabla 5: Especies medicinales del huerto familiar multi-estrato.

| Nombre | Especie |
|----------------|--|
| Ruda | <i>Ruta graveolens L.</i> |
| Sábila | <i>Aloe vera L.</i> |
| manzanilla | <i>Matricaria recutita L.</i> |
| te de limón | <i>Cymbopogon citratus; (DC.) Stapf</i> |
| jengibre | <i>Zingiber officinale Roscoe</i> |
| verbena | <i>Verbena officinalis. L.</i> |
| Tabaco | <i>Nicotina tabacum L.</i> |
| epazote | <i>Chenopodium ambrosioides (L.) Weber</i> |
| alcachofa | <i>Cynara scolymus L.</i> |
| tomillo | <i>Thymus vulgaris L.</i> |
| hierva buena | <i>Mentha spicata; L.</i> |
| ajenjo | <i>Artemisia vulgaris L.</i> |
| malva | <i>Malva parviflora L.</i> |
| romero | <i>Rosmarinus officinalis L.</i> |
| diente de león | <i>Taraxacum officinale Weber</i> |
| Ajo | <i>Allium sativa L</i> |

Fuente: propia

HORTALIZAS

Tabla 6: Especies a introducir en el huerto familiar multi-estrato

| | |
|-----------|--|
| Tomate | <i>Solanum lycopersicum</i> ; L. |
| zanahoria | <i>Daucus carota</i> ; L. |
| frijol | <i>Phaseolus vulgaris</i> L. |
| chile | <i>Capsicum annuum</i> L. |
| Cebolla | <i>Allium cepa</i> L. |
| Lechuga | <i>Lactuca sativa</i> |
| Acelga | <i>B. vulgaris</i> var. <i>cicla</i> ; (L.) K.Koch |
| papa | <i>Solanum tuberosum</i> ; L. |

Fuente: propia

AGRICOLAS

Tabla 7: Especies agrícolas del huerto familiar multi-estrato

| Cultivo | Especie | Cantidad |
|----------|--|----------|
| café | <i>Coffea arabica</i> L. | 155 |
| banano | <i>Musa paradisiaca</i> | 52 |
| Cítricos | <i>Citrus × latifolia</i> | 10 |
| | <i>Citrus X sinensis</i> | 5 |
| | <i>Citrus reticulata</i> | 10 |
| Aguacate | <i>Persea americana</i> var. <i>hass</i> | 18 |
| Maíz | <i>Zea maíz</i> | 3950 |

Fuente: propia

ENREDADERAS

Tabla 8: Enredaderas seleccionadas del huerto familiar multi-estrato

| Cultivo | Especie | Cantidad |
|------------|--------------------------------|----------|
| Loroco | <i>Fernaldia pandurata</i> | 24 |
| Güisquil | <i>Sechium edule</i> ; (Jacq.) | 24 |
| Granadilla | <i>Passiflora ligularis</i> | 24 |
| Luffa | <i>Luffa aegyptiaca</i> | 24 |
| Melocotón | <i>Sicana odorifera</i> | 24 |

Fuente: propia

CERCO

Tabla 9: especies del cerco seleccionadas del huerto familiar multi-estrato

| Cultivo | Especie | cantidad |
|------------|----------------------------------|----------|
| gandul | <i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp | 545 |
| Madrecacao | <i>Gliricidia sepium</i> | 77 |

4. Informe de investigación de compatibilidad en especies de eucalipto

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO



COMPATIBILIDAD DE POLINIZACIÓN ARTIFICIAL EN CUATRO ESPECIES DE EUCALIPTO (*Eucalyptus spp.*) EN LA ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA, EN BARCENA, VILLA NUEVA GUATEMALA, DURANTE LA ÉPOCA SECA.

RONY OSWALDO CAMPOSECO MONTEJO

CARNET: 201703520

Guatemala, 2022

1. INTRODUCCION

El eucalipto (*Eucalyptus spp.*) es una especie que tiene una gran cantidad de usos tales como en construcción general, muebles y pisos. También como cortinas rompe viento ebanistería de mediana calidad en oficinas y hoteles, para fabricar cajas de embalaje para frutas, para usar como postes telefónicos y para electricidad. producción de pulpa para papel, entre los que destacan el energético (Leña), la construcción de muebles, estructuras para la elaboración de papel, entre otras, por este motivo es una planta de importancia para Guatemala. (INAB, Guia de especies forestales para leña , 2016)

Se encuentran distintas especies distribuidas en todo el territorio nacional. Cada una tiene características específicas como la calidad de la madera, adaptabilidad, entre otras. La polinización en las plantas de eucalipto se realiza comúnmente por agentes vectores, tales como insectos, aves y raramente por el viento (Carmona, 2014). Este proceso es vital para generar la variabilidad genética en los cruces de las plantas, generando así hibridación en ciertas características.

Este proceso puede ser sustituido por polinización asistida o polinización artificial, con el objetivo de realizar hibridaciones en las que se obtengan características de ambos parentales para una mejor adaptabilidad o aprovechamiento, sin embargo, entre especies puede haber incompatibilidad por lo que no se realizan los cruces de manera efectiva, por este motivo es importante realizar ensayos de cruces genéticos para conocer que especies se cruzan con mayor facilidad. Actualmente en Guatemala se ha realizado poca investigación en este ámbito, por lo que se desconoce si las especies presentes en el país son compatibles en su totalidad o en que cruces se encuentra mejor desarrollo.

La ENCA cuenta con un acuerdo con la empresa Popoyan, en la que se implemento el huerto semillero de eucaliptos, con el objetivo de producir híbridos de estas especies, así mismo la ENCA podrá utilizarla como método de enseñanza para los estudiantes y generar conocimiento valioso tanto para el sector estudiantil como para el sector forestal en general. De esta manera Guatemala tendrá información adaptada al territorio nacional guatemalteco, que que actualmente no se tiene registros de ello, a diferencia de países del sur de América, como lo son Chile y Brasil.

Por lo cual se plantea una investigación en la que se harán cruces a través de polinización artificial entre distintas especies para evaluar si son compatibles entre ellas, para así poder realizar híbridos con características ideales de adaptabilidad, desarrollo y calidad de la madera. Al generar esta información se tendrá registro de que cruces son más efectivos con el fin de eficientizar la generación de híbridos.

2. OBJETIVOS

General

Evaluar la compatibilidad que existe entre cuatro especies de eucalipto (*Eucalyptus spp.*) presentes en el país en el proceso de polinización artificial.

Específicos

- Determinar el porcentaje de cápsulas viables para la obtención de semilla resultante de la polinización artificial entre seis especies de eucalipto (*Eucalyptus spp.*) a través del conteo de las mismas en la toma de datos.
- Identificar el parental polinizador y el parental receptor de polen ideal para cada cruce realizado en la polinización artificial por medio de un análisis estadístico en el programa Infostat de los cruces realizados.

3. JUSTIFICACION

El eucalipto es una planta forestal de alto valor energético, siendo usada como leña para distintos fines, por lo que en el Manual criterios y parámetros PROBOSQUE 2020 indica que es una especie energética. Se considera como planta energética a aquellas que cumplen con tres de cinco características deseables. Crecimiento rápido (fácil manejo silvicultural en turnos cortos de rotación), capacidad de rebrote, alto rendimiento de biomasa por hectárea, poder calorífico alto y capacidad de reproducirse fácilmente por semilla o en forma asexual.

Existen distintas especies de eucalipto (*Eucalyptus spp.*) en el territorio nacional, con características específicas cada una. Estas características pueden ser heredadas a las siguientes generaciones por lo que cobran importancia en procesos de hibridación. La polinización artificial ayuda a generar cruces en los que se seleccionan los parentales específicos para la realización de híbridos entre especies. Es necesario realizar la investigación en polinización artificial en seis especies de eucalipto para determinar la compatibilidad que existe al momento de la polinización entre especies para la formación de semillas con parentales de distintas especies, como parte de un proceso de hibridación en dicha especie.

Según Flores (2018) los híbridos suelen tener mayor vigorosidad que los parentales, lo que se obtiene mayor rendimiento. Este fenómeno ha sido aprovechado en muchos cultivos a gran escala, sin embargo, en especies forestales se ha realizado menos investigación que en otro tipo de especies.

La Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA) con la realización de la investigación generará información valiosa para el ámbito forestal de Guatemala ya que actualmente no existe información de este tema para el territorio nacional.

4. DEFINICION DEL PROBLEMA

En Guatemala no se cuenta con información generada en el país sobre cruces genéticos realizados a través de polinización artificial entre especies, con la finalidad de realizar programas de hibridación.

La polinización artificial corresponde a la intervención humana en el proceso de polinización, en la que se garantiza la procedencia de los parentales, siendo seleccionados estos la genética específica para cada cruce a realizar.

Con estos programas de investigación se podrá determinar si la generación de híbridos es una herramienta importante para la producción ya que los híbridos suelen tener mayor vigorosidad que los parentales.

Se realizará la presente investigación con la finalidad de determinar si existe incompatibilidad entre las especies de eucalipto (*Eucalyptus spp.*) que se encuentran en el huerto semillero de la ENCA través de la polinización artificial bajo el sistema One Stop Pollination (OSP), el cual consiste en la realización de la polinización en una sola visita, realizando un corte para dejar expuesto el estilo en donde se colocara el polen para llevar a cabo la polinización según (Carmona, 2014).

Así mismo se identificará las especies que son mejores como parental masculino y femenino a través de pruebas de medias entre dichos cruces. El estudio se llevará a cabo durante la época seca que se da entre los años 2021 y 2022.

5. MARCO CONCEPTUAL

5.1 Origen y distribución natural del eucalipto

Según Bush, (2011) citado por Carmona (2014) indica que los eucaliptos son unas 950 especies pertenecientes a la familia Myrtaceae, mayoritariamente nativas y endémicas de Australia, solo unas pocas especies se extienden en su distribución natural hacia territorios insulares al norte de Oceanía y sur de Asia; Papúa Nueva Guinea y Timor, Sur de Indonesia y sur de Filipinas (Espejo C., Ipnza C., & M.Potts, 1996)

Son especies que se han adaptado a una gran variedad de condiciones ambientales, aparecen como los árboles dominantes en las áreas de mayores precipitaciones de Australia y tienen una representación menor en las zonas más secas. Los bosques naturales de eucaliptos ocupan una superficie mayor de 115 millones de hectáreas, sin embargo, en Australia consideran esta cifra una estimación variable, dependiente de la definición de bosque.

El primer eucalipto descrito fue *Eucalyptus oblicua* L'Hér. y su descripción la efectuó el botánico francés L' Hérítier de Brutelle en 1788, quién le dio el nombre al género, usando muestras colectadas en Tasmania por el Capitán Cook. El nombre del género deriva del griego eu y calypto, que significa bien cubierto y se refiere al opérculo de la yema floral que protege las estructuras reproductivas durante su desarrollo. Obliqua en tanto proviene del griego obliquus, que significa oblicuo y alude a la asimetría de las hojas. (Carmona, 2014)

5.2 Clasificación botánica

Los eucaliptos son árboles perennes de porte recto. Pueden llegar a medir más de 60 m de altura. La corteza exterior es de color marrón claro con aspecto de piel y se desprende a tiras dejando manchas grises o parduzcas sobre la corteza interior. Las hojas de los eucaliptos son sésiles, ovaladas y grisáceas. Estas se alargan y se tornan de color verde azulado brillante de adultas, contienen un aceite esencial, de característico olor balsámico. Presenta flores blancas y solitarias con el cáliz y la corola unidos por una especie de tapadera que cubre los estambres y pistilo la cual, al abrirse, libera multitud de estambres de color amarillo. Los frutos son grandes cápsulas de color casi negro con una tapa gris azulada que contiene gran cantidad de semillas. (INAB, 2016)

El eucalipto es una planta leñosa de tronco recto y único, con variadas formas de copa, por lo que se le denomina de hábito de crecimiento árbol. (Carmona, 2014)

5.3 Especies de mayor importancia

Harwood (2011) indica que las plantaciones en el mundo se han incrementado de unos 6 millones de hectáreas existentes en 1990 a más de 20 millones de hectáreas en la actualidad. Estima que nueve especies principales y varios híbridos manifiestan más del 90% de la superficie global de bosques plantados de eucaliptos y señala las siguientes:

Tabla 10: Principales especies que ocupan el 90% de los bosques de eucalipto.

| Nombre común | Nombre técnico |
|---------------------|--|
| Eucalipto hembra | <i>Eucalyptus camaldulensis</i> |
| Eucalipto | <i>Eucalyptus dunnii</i> |
| Eucalipto blanco | <i>Eucalyptus globulus</i> |
| Eucalipto rosado | <i>Eucalyptus grandis</i> |
| Eucalipto brillante | <i>Eucalyptus nitens</i> |
| Eucalipto colorado | <i>Eucalyptus pellita</i> |
| Eucalipto saligna | <i>Eucalyptus saligna</i> |
| Eucalipto rojo | <i>Eucalyptus tereticornis</i> |
| Eucalipto urofila | <i>Eucalyptus urophylla</i> |

Fuente: (Carmona, 2014)

Gran parte de las plantaciones se ubican en climas tropicales, subtropicales y templados cálidos, solo *E. camaldulensis*, *E. globulus* y *E. nitens* prosperan en climas templados fríos y solo estas, de entre las nueve.

Según Bush, (2011) citado por Carmona (2014) menciona las nueve especies principales indicadas por Harwood (2011) que representarían el 95% de las plantaciones de eucaliptos en el mundo, pero destaca cuatro que darían cuenta de alrededor del 85% de estas y son descritas en la Tabla 2:

Tabla 11: Principales especies de eucaliptos presentes en las plantaciones del mundo.

| Nombre común | Nombre técnico |
|-------------------|--|
| Eucalipto hembra | <i>Eucalyptus camaldulensis</i> |
| Eucalipto blanco | <i>Eucalyptus globulus</i> |
| Eucalipto rosado | <i>Eucalyptus grandis</i> |
| Eucalipto urofila | <i>Eucalyptus urophylla</i> |

Fuente: (Carmona, 2014)

5.4 Biología reproductiva

Los eucaliptos son naturalmente protándricos, que es presumiblemente una adaptación para sus exocruzadas Eldridge et al., (1993). Sus yemas florales están cubiertas por un opérculo, derivado de la fusión de los pétalos y sépalos (*Eucalyptus*, del griego Eu = bien y Kalyptus = cubierto). La caída del opérculo en las flores maduras es seguida inmediatamente por el despliegue de los estambres con las anteras, mientras el estigma no llega a ser receptivo sino varios días después. El tiempo que transcurre desde la caída del opérculo hasta la máxima receptividad del estigma, varía entre especies siendo de 4-6 días en *E. grandis*, hasta 10-14 en *E. regnans*.

Las flores de los eucaliptos generalmente se presentan en inflorescencias que nacen en la axila de las hojas. Las yemas florales crecen en forma individual o en grupos impares de tres o más unidades, como se observa en la Figura 1. Las yemas florales individuales se presentan en pocas especies, entre ellas en *E. globulus*.



Figura 7: inflorescencias de eucaliptos con 1, 3, 7 y más yemas florales

FUENTE: Carmona, (2014)

El control de la floración depende de factores tanto ambientales como genéticos, este aspecto es de gran importancia para determinar las condiciones necesarias para los cruces genéticos en los huertos semilleros.

5.5 Especies de eucalipto presentes en el huerto semillero de la ENCA

Eucalyptus camaldulensis

Es un árbol siempre verde, alcanza 25 m de altura, tronco grueso de base recta y generalmente retorcido, pudiendo alcanzar 60 cm a 1.0 m de diámetro. Posee copa abierta e irregular, corteza lisa, blanca, con manchas de grises a rojizas que se desprende con facilidad en tiras anchas o en placas irregulares. Hojas jóvenes opuestas y posteriormente alternas. Las hojas adultas son lanceoladas, pecioladas, delgadas y plántulas dobladas, de borde liso, lampiñas de color verde opaco. Produce con rapidez un exuberante sistema

radicular estableciéndose con éxito en suelos que se secan rápidamente. Las flores blanquecinas, alcanzan hasta 1 cm de diámetro y se encuentran reunidas en número de cuatro a catorce, en pequeños racimos axilares como se observa en la Figura 2.



Figura 8: Hojas, flores y frutos de Eucalyptus camaldulensis.

Es una especie originaria de Australia donde se distribuye naturalmente en una extensa área, cubriendo todos los estados a excepción de Tasmania.

Se ha observado que presenta una buena adaptación a zonas mediterráneas y subtropicales particularmente condiciones de clima semiárido o árido debido a su gran plasticidad, alta productividad y posibilidades de utilización (Serra, 1997)

Eucalyptus grandis

Árbol que puede alcanzar los 60 m de altura y 2 de diámetro, el tronco es recto de buena forma, posee una copa amplia cuando crece en sitios abiertos. La corteza es fibrosa de color gris claro. Las ramillas son delgadas con hojas alternas horizontales o colgantes de peciolo delgado y corto, lanceoladas delgadas con las nervaduras secundarias finas, regulares y de borde entero. Las flores son blancas y crecen en grupos de 5 a 12 flores. La madera es suave de color rojo claro, moderadamente durable en contacto con el suelo y con un peso específico de 0.40 a 0.6 g/cm³ (Basse, 1992)

Se localiza en forma natural en zonas costeras de Nueva Gales del Sur y Queensland; se encuentra más frecuentemente por debajo de los 350 msnm, en las partes tropicales su distribución se encuentra a los 900 msnm. Es de los más importantes eucaliptos en África y América, en condiciones de bosque húmedo tropical, tanto por la amplitud de sus plantaciones como por su excelente desarrollo. (Basse, 1992)

Eucalyptus robusta

Su fuste alcanza los 30 m; madera pesada (cerca de 850 kg/m³), muy dura, textura, razonablemente apta para trabajar. Para construcción (tablas, vigas), paneles, botes. Bien cotizada para pisos y muebles debido a su rico color miel oscuro. Se adapta a muchos tipos de climas y fue introducida en muchos climas tropicales, subtropicales y templados cálidos: Puerto Rico, Sur de Florida, costas de California, Hawái; estando completamente *naturalizada. Conocido comúnmente como caoba de los pantanos en Australia, en Estados Unidos se la llama «*robusta eucalyptus*» y como robusta, eucalipto o «beakpod *eucalyptus*» en Puerto Rico.

E. robusta es nativa de la costa australiana de New South Wales y el sureste de Queensland. Se le encuentra principalmente en los pantanos y al borde de las lagunas y ríos costeros, en donde se ve sujeto a inundaciones periódicas. La temperatura máxima promedio durante el mes más caliente es de 30 a 32 °C; la temperatura mínima promedio durante el mes más frío es de aproximadamente 3 a 5 °C. Ocurren de 5 a 10 heladas ligeras cada año en su área de distribución natural (Skolmen, 1990)

Eucalyptus urophylla

Es un árbol que puede sobrepasar los 50 m de altura en sitios favorables con diámetros de hasta dos metros y fustes rectos y limpios hasta la mitad o las dos terceras partes de la altura total del árbol. Tiene considerable variación en su corteza hasta fustes que se encuentran completamente cubiertos de una corteza áspera y fibrosa. Posee crecimiento rápido y buen comportamiento en distintas altitudes (Otarola Toscano, Sequeira Mondragon, Díaz Alvarado, Lanuza Rodriguez, & Caldero Sequeira, 1997)

Se encuentra en Timor y otras islas de Indonesia. Ha crecido sumamente bien en Brasil, Camerún, la Costa de Marfil y la República Popular del Congo. National Academy of (National Academy of Sciences, 1984)

5.6 Mejoramiento genético de eucalipto, historia y estado actual

Un análisis intensivo sobre la domesticación y mejoramiento de los eucaliptos es realizado por Eldridge et al. (1994), donde al analizar la importancia de los eucaliptos en el mundo toca aspectos históricos del uso de la población base, procedencia y variación intraespecífica, huertos semilleros, propagación vegetativa y micro propagación. Según al análisis hecho por Eldridge a los antecedentes aportados por Raymond y Apiolaza (2004), Griffin (2008) y Tibbits et al. (1997), se puede establecer que, si bien la domesticación de

especies de *Eucalyptus* se inició hace cerca de 150 años, fue en la década de los 70 y 80 del siglo XX cuando comienza a despegar el mejoramiento formal para caracteres de importancia económica. Los primeros programas en *E. globulus* se iniciaron a finales de la década de los 60 en Portugal y Australia, mientras que en otros países que ahora cultivan esta especie (Chile, Argentina, España, Portugal, Sudáfrica, Nueva Zelanda, entre otros) estos programas comenzaron entre fines de los 80 y principios de los 90. En el caso de *E. nitens* los primeros programas de mejora se iniciaron a mediados de los 70 en Australia, aunque la mayoría de los programas de los demás países comenzaron recién a inicios de los 90.

Inicialmente las plantaciones se establecían con semilla de poblaciones silvestres, que numerosos forestales sudamericanos y de otras regiones del globo colectaban en Australia, o adquirían a diversos centros semilleros australianos, principalmente al Australian Tree Seed Centre de CSIRO. Como consecuencia, se hizo evidente la gran variabilidad intraespecífica en los caracteres de interés y se dio cabida a los primeros trabajos de mejoramiento, los que se concentraron en establecer en distintos ambientes (sitios) ensayos de especies y de progenie y procedencias que llevan la expresión del genotipo, para determinar la idoneidad de diversos materiales genéticos en condiciones locales de producción y sus interacciones con el medioambiente, donde el clima, el suelo la densidad de plantación, los agentes bióticos (plagas y enfermedades forestales), los tratamientos silviculturales, la altitud y la exposición modifican y afectan la expresión de fenotipo, que es lo que finalmente se puede observar y medir. Como resultado, el fenotipo (genotipo + medioambiente) (Falconer y Mckay, 1996) y la variabilidad intraespecífica de las especies de interés pudieron ser establecidos y analizados, de modo que cada país los ha usado como base para el mejoramiento en condiciones locales y según los objetivos de su interés.

Los ensayos de introducción de especies permitieron seleccionar los materiales más promisorios, se efectuó extensas colectas de semillas de familias individuales dentro de procedencias específicas y se estableció completos ensayos de progenies y procedencia en diversas condiciones de sitio. Estos ensayos constituyeron las poblaciones base de mejora para cada especie y permitieron la obtención de parámetros genéticos para diversos rasgos de interés que ayudaron a la toma de decisiones relacionadas con el progreso de los programas de mejora. En muchos casos la población base y la población de mejoramiento es la misma población física, pero con distintas funciones.

Posteriormente los programas de selección han dado interés a caracteres relacionados con la tolerancia a condiciones adversas, como frío, sequía, enfermedades, plagas u otros, los cuales se relacionan con la capacidad de los individuos para sobrevivir bajo determinadas condiciones que deben enfrentar en sus áreas de plantación.

La formalización de objetivos de mejora surgió de la necesidad de alinear los programas de mejoramiento con los objetivos económicos de las empresas, situación que se tradujo en un mayor énfasis en las propiedades de la madera, tal como la densidad específica, y en las formas de muestrearlas y evaluarlas. Sin embargo, hasta los años 90 los trabajos sobre evaluación de caracteres relacionados con propiedades de la madera en los programas de mejoramiento de eucaliptos eran escasos, debido a varias razones. Los programas requieren analizar un gran número de árboles individuales y de familias, y los métodos tradicionales de análisis de propiedades de la madera son caros y usualmente destructivos, lo que limita el número de muestras que pueden ser procesadas. Adicionalmente, para especies como *E. globulus* y *E. nitens* que no se propagan fácilmente en forma vegetativa, el muestreo destructivo involucra la pérdida de genotipos valiosos para el programa de mejoramiento. En este particular, en las últimas décadas las principales áreas de investigación para la selección de eucaliptos con miras a mejorar las propiedades de su madera han sido: Desarrollar métodos de muestreo no destructivos, en este sentido surge la tecnología NIR (Near Infrared Spectroscopy), fundamentalmente para la densidad de la madera, rendimiento pulpable, módulo de elasticidad y ángulo microfibrilar, entre otros; Evaluar métodos o criterios de selección sobre variables alternativas que sirvan como estimadores de otros caracteres más difíciles o caros de determinar; Y evaluar el grado y estructura de la variación genética de los caracteres relacionados con calidad de la madera. En este sentido, la técnica NIR se ha convertido en un estándar especialmente para los eucaliptos, Raymond, (2002).

5.7 Sistema de polinización artificial (OSP) Sistema una Sola Visita

El sistema más efectivo en términos de costo y eficiencia operacional en cruzamientos controlados masivos efectuados en huertos semilleros corresponde al denominado Polinización en una sola etapa One Stop Pollination (OSP) Harbard Griffin, (1999) o una sola visita One Single Visit (OSV) Williams et al., (1999). El método considera la emasculación de la yema floral madura, o cercana a la fase de ántesis, el corte horizontal del estilo Barbour y Spencer, (2000) usando un bisturí o tijera, y la aplicación del polen en la superficie del corte.



Figura 9: Corte transversal de estilo para la polinización de tipo OSP

También han sido probados otros tipos de corte, como el corte longitudinal del estilo, en especies con flores grandes como *E. globulus*. Los cortes horizontales han sido empleados en especies con flores pequeñas como *E. dunnii* Barbour y Spencer, (2000). La posible contaminación de polen indeseable es impedida con tubos de plástico Tygon con diferentes diámetros interiores para calzar en el diámetro del estilo según el clon donde se efectúan las polinizaciones controladas. Generalmente este dispositivo es inocuo, no daña la flor y es removido naturalmente cuando se produce la caída del estilo como consecuencia de la fertilización de la flor.

La tecnología OSP se sustenta en lo siguiente: a) No es necesario esperar el proceso natural de maduración del estigma para su receptividad del grano de polen y asegurar el éxito de la fertilización de los óvulos y b) El uso de bolsas aislantes no es la única forma de proteger las flores de la contaminación por los insectos. *E. globulus* presenta incompatibilidades unilaterales para el cruzamiento con especies de flores pequeñas.

5.7.1 Manejo del polen

El manejo del polen es vital para evitar mermas en los cruzamientos genéticos para la producción de semillas.

Según Espejo C, et al., (1996) los estambres son hojas modificadas encargadas de formar los granos de polen. Corresponden a hojas bifaciales cuyas zonas o bordes se transforman formando los sacos polínicos. Los estambres son formados por filamentos que sostienen las anteras, este contiene cuatro sacos polínicos que se presentan en dos lóbulos y están separados por un tejido estéril conocido como "conectivo".

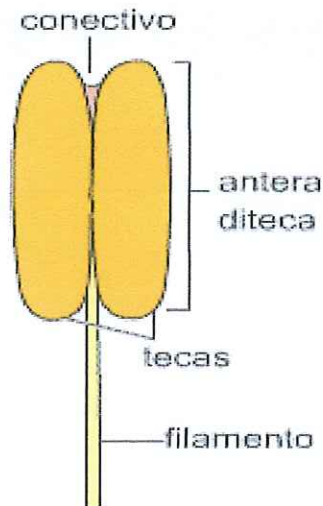


Figura 10: Partes de una antera

Las células de las capas subepidérmicas del tejido de las anteras se dividen por mitosis para formar el tejido, que es responsable de formar las células madres del grano de polen. Para formar el grano de polen, las células madres se dividen meioticamente formando una tétrada.

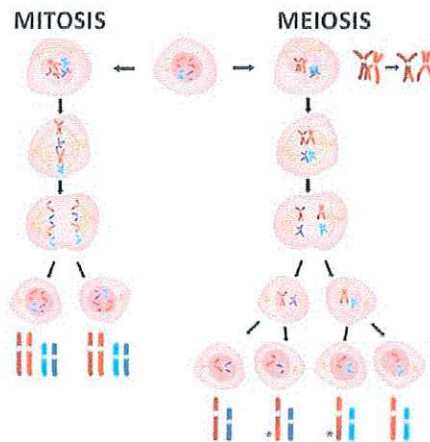


Figura 11: Proceso de división celular por mitosis y meiosis

El grano de polen maduro contiene una gran cantidad de pigmentos y almidón, este es usado para formar el tubo polínico, el cual ejerce una altísima presión osmótica alta que la de las células del estilo, a través de las que el tubo debe atravesar. Un grano de polen maduro se rodea de una pared primaria que corresponde a una delgada capa de pectina y celulosa, la "Intina". Esta capa rodeada por otra denominada "exina", cuyo principal

componente es la esporopolenina una sustancia muy rígida que proporciona la durabilidad al grano de polen. La esporopolenina es sintetizada por polímeros oxidados de carotenoides o de esteres carotenoides. La intina contiene proteínas que son precursoras de enzimas digestoras de la pared del estilo y de la cutícula del estigma.

5.8 Factores que afectan la viabilidad

Los eucaliptos exhiben un grano de polen normalmente binucleado. Se ha encontrado una menor viabilidad y capacidad germinativa en granos de polen trinucleado, en relación al binucleado. Algunos estudios revelan que la pared de los binucleados presenta mayor cantidad de carbohidratos y metabolitos secundarios. (Espejo C., Ipnza C., & M.Potts, 1996)

Durante el almacenamiento pueden ocurrir alteraciones fisiológicas, las cuales conllevan a un decrecimiento en la viabilidad, se han señalado alteraciones en la velocidad de respiración y conversión de azúcares en ácidos orgánicos, acumulación de metabolitos secundarios, alteraciones de los lípidos (autooxidación) de la exina del polen y la inactivación de las enzimas, hormonas de crecimiento y ácido pantoténico. El estado nutricional del árbol donante del polen es un factor a considerar. Un ejemplo es la deficiencia de boro que provoca anomalías en los tejidos de las anteras. (Espejo C., Ipnza C., & M.Potts, 1996)

El nivel de humedad, es un factor importante al referirnos al almacenamiento. La presencia de contenido de humedad puede conducir a la formación de hielo intracelular (ruptura de la pared celular).

Por otro lado, el empleo de bajas temperaturas está asociada a la reducción del metabolismo del polen. Temperaturas para almacenar el polen de *Eucalyptus* oscilan de 4°C hasta -18°C. (Espejo C., Ipnza C., & M.Potts, 1996)

5.9 Hibridación

Es el proceso, a través del cual se cruzan plantas o animales de diferente constitución genética con el objeto de lograr una resultante o producto con las características deseables presentes en los progenitores. En forma operacional, el proceso consiste en fertilizar un ovulo de la planta progenitora seleccionada como planta madre, con el polen de la planta escogida como padre. (CIAT, 1997)

5.10 Barreras para la hibridación

5.10.1 Barreras previas a la polinización

- Flores en tiempo
- Polinizadores (Potts & Gore, 1995)

5.10.2 Posterior a la polinización

- Estructura de la flor
- Barreras en el estigma
- Barreras en el estilo (Potts & Gore, 1995)

5.10.3 Después de la dispersión

- Esterilidad
- Vigor de la F1 (Potts & Gore, 1995)

Barreras reproductivas

Conocimiento previo de las barreras reproductivas entre individuos de diferente especie es necesaria para el éxito de las combinaciones interespecíficas y de plantaciones comerciales. Las barreras pre y post-cigóticas impiden el uso del vigor híbrido entre numerosas especies de *Eucalyptus* (Pryor, 1957; Gore et al., 1990; Ellis et al., 1991). En general, los principales subgéneros están reproductivamente aislados, y, dentro de estas, las especies con mayor distancia taxonómica presentan barreras más significativas. Las especies de la misma subsección tienen barreras más bajas pre-cigóticas después del apareamiento (Cauvin, 1983; Potts et al., 1987; Tibbits, 1989). Estas barreras están relacionadas en su mayoría con barreras fisiológicas. Eucalipto y Embrapa: cuatro décadas de investigación y desarrollo que resultan en anomalías en el desarrollo del tubo polínico (Ellis et al., 1991, Potts; Dungey, 2004). especies pertenecientes a una misma subserie o subsección, como *E. globulus* y *E. nitens* (Subgénero *Symphyomyrtus*, Serie *Viminalis*, Subserie *Globulinae*), es más probable que generen semillas híbridas con buen potencial productividad y resistencia a plagas (Pryor; Johnson, 1971). Sin embargo, las barreras para el tamaño de las estructuras reproductivas pueden dificultar la polinización de estas especies. *E. nitens*, por ejemplo, siempre debe usarse como padre, ya que presenta especies reproductivas más pequeñas que *E. globulus* (Gore et al., 1990). Ciertamente, un cierto grado de divergencia genética/taxonómica es esperada para el éxito en cruzamientos y en la expresión del vigor híbrido, resultando en expresión por consanguinidad en un extremo y los efectos de cruces interespecíficos en el otro (Potts et al., 1987; Potts et al., 1992).

Las anomalías ocurren en proporciones significativas en las familias híbridas, principalmente entre *E. globulus*, *E. nitens* y *E. bicostata*, expresando en diferentes etapas del ciclo de vida (Potts et al., 1992). El mecanismo genético de la expresión de estas anomalías es diferente de la consanguinidad y no es predecible. Se han observado algunos problemas para los híbridos. Uno de ellos se refiere a baja producción de semillas viables para satisfacer las demandas de las plantaciones. Más allá de eso, la producción de semillas híbridas entre especies relacionadas es menor (16% al 35%) que las de polinizaciones intraespecíficas. Además, las anomalías y la mortalidad de las plántulas

puede ser de tres a cuatro veces mayor en las progenies híbridos. Para que se produzca el éxito en la siembra de híbridos, es necesario probarlos, junto con los padres, en diferentes ambientes (Martin, 1989). para uso en plantaciones comerciales, los híbridos deben ser validados. Por lo tanto, el desarrollo de híbridos interespecíficos debe centrarse en especies con facilidad de propagación vegetativo por esquejes. La clonación (micropropagación), cuando se lleva a cabo, debe ser directamente de las semillas, para evitar la obtención de material vegetativo estéril. Sin embargo, cuando la clonación se realiza a una edad temprana, un porcentaje Se puede incorporar un número significativo de anomalías en comparación con edades más avanzadas. avanzado. (Aparecida de Sousa, Virgínia de Aguiar, & Pinto Júnior, 2021)

Compatibilidad Genética.

La compatibilidad es aquel estudio de la capacidad de la fecundación de una flor receptora la madre con el donador el padre en la cual es nominada genéticamente y son heredables; en la auto compatibilidad el polen de la flor le sirve para la misma flor. El factor ecológico es un papel importante sobre el fenómeno de la compatibilidad sexual. La proximidad de los órganos sexuales en las flores que son hermafroditas incrementa considerablemente la probabilidad de autofecundación

Tipos de compatibilidad:

- **Auto-compatibilidad:** Es cuando las flores de un árbol de Eucalipto pueden fecundarse a sí mismas o a otras flores del mismo árbol.
- **Inter-compatibilidad:** Es cuando el polen de las flores de un árbol de Eucalipto puede fecundar a las flores de otro árbol.
- **Auto-incompatibilidad:** Es cuando las flores de un árbol no pueden fecundarse a sí mismas o a flores del mismo árbol.
- **Inter-incompatibilidad:** Es cuando el polen de las flores de un árbol de Eucalipto no puede fecundar a las flores de otro árbol (Alvarado G., Pérez, Velásquez C., & Velásquez C., 2017)

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 Ubicación geográfica

Según el software Google Earth pro el IAN se encuentra ubicada en las coordenadas 14°31'36.8"N 90°37'01.3"O específicamente en la aldea Barcena, del municipio de Villa Nueva, Guatemala a una altitud de 1450 metros sobre el nivel del mar.

6.2 Vías de acceso

Las vías de acceso a la finca se pueden llegar por varias vías ya sea por la carretera asfaltada que se comunica con la autopista CA-9 que comunica a la Ciudad Capital en tan solo 17 Km. o bien la interconexión Bárcena -Antigua Guatemala con 18 Km. de distancia, con lo cual la ENCA se encuentra dentro de una formación urbana con un acceso estratégico hacia las distintas zonas agrícolas del altiplano central, movimiento rápido hacia centros de mayoreo o bien centrales distribuidoras.

6.3 Clima:

En Villa Nueva, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es mayormente despejada y es caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 14 °C a 28 °C y rara vez baja a menos de 11 °C o sube a más de 30 °C

La parte más despejada del año en Villa Nueva comienza aproximadamente el 17 de noviembre; dura 5.0 meses y se termina aproximadamente el 17 de abril.

La temporada más lluviosa dura 5.4 meses, de 13 de mayo a 25 de octubre, con una probabilidad de más del 29 % de que cierto día será un día mojado. La temporada más seca dura 6.6 meses, del 25 de octubre al 13 de mayo. (weatherspark, 2016)

6.4 Suelo: Los suelos del IAN se desarrollaron a partir de la era Cuaternaria y pertenecen a los rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso (**Sáenz, 2019**)

6.5 Ubicación del experimento

En la Figura 7 se puede observar la ubicación del área en la que se realizará la presente investigación. Localizada en el área de huertos semilleros.

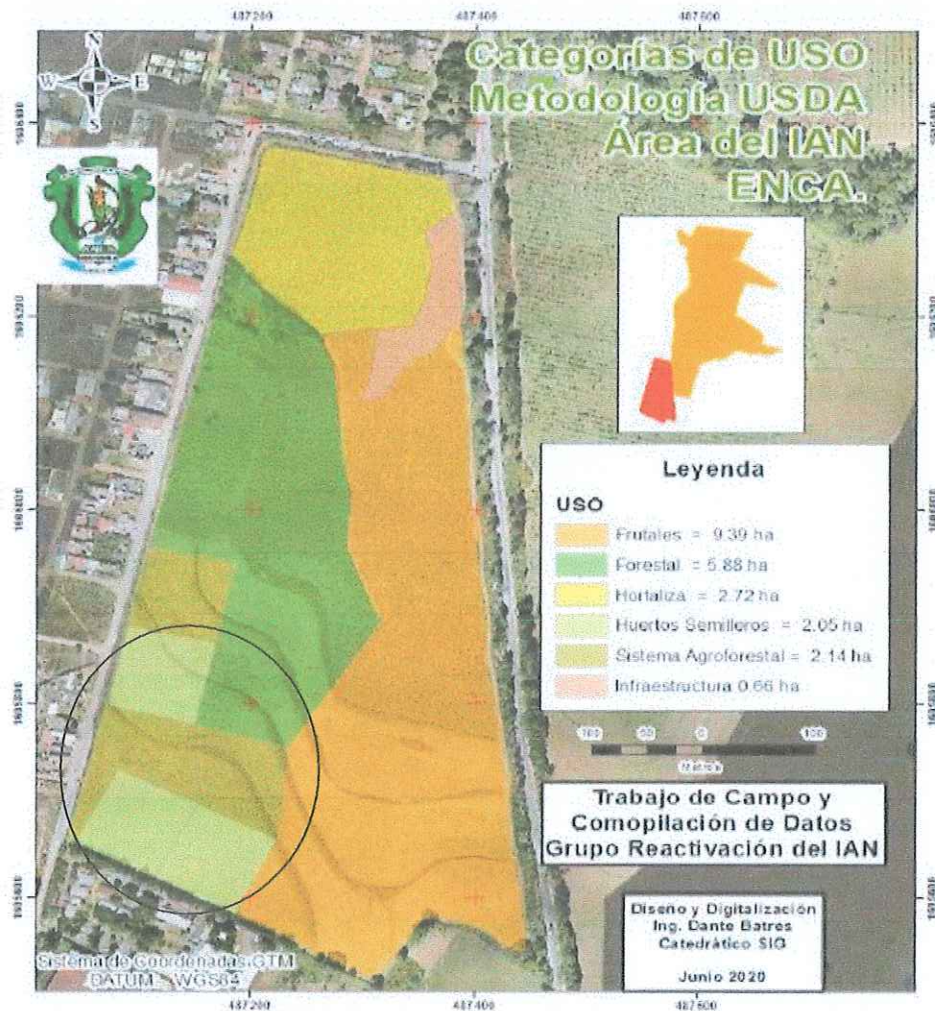


Figura 12: ubicación de los huertos semilleros en los que se realizaron la investigación.

Fuente: Dante Batres, catedrático ENCA 2020.

El IAN cuenta con una extensión 25.83 manzanas, equivalentes a 18.23 hectáreas. El IAN se abastece de agua principalmente de las precipitaciones que se dan en época lluviosa, con anterioridad se abastecían a través de agua del pozo ubicado en el área de producción animal de la Escuela Nacional Central de Agricultura.

Antecedentes

Según la investigación realizada por; (Rojas, Perret, & Paz Molina, 2007) nos indica que el uso del sistema One Stop Polinitation (OSP) presenta una mejor cantidad de capsulas con semillas hibridas que las realizadas con polinización con flores dehiscentes.

En el informe de mejoramiento genético de Chile nos indica que hay especies que poseen incompatibilidades anatómicas entre estas, tal es el caso de la especie de *Eucalyptus globulus*, el cual se caracteriza por que al momento que el tubo polínico se desarrolle este genera uno demasiado grande que al momento de querer desarrollarse en el estilo de flores pequeñas este no lo logra hacer por lo que no se lleva a cabo el proceso de fecundación y por ende no genera semillas, por este motivo es importante verificar esta condición en otras especies de importancia para el país y para el sector forestal.

7. HIPOTESIS

Nula

Ho: No existen diferencias significativas de compatibilidad en los cruces de cuatro especies de eucalipto (*Eucalyptus spp.*)

Alternativa

Ha: Si existen diferencias significativas de compatibilidad en al menos un cruce de eucalipto (*Eucalyptus spp.*).

8. METODOLOGIA

Para la consecución de los objetivos planteados se seguirán los siguientes pasos:

8.1 Factor de estudio

- **Especies:** La compatibilidad que existe al momento de la polinización entre elementos de distintas especies.
- **Factor parental:** Se refiere a la dirección en la que se da el proceso de polinización en la que se evalúa si el porcentaje de capsulas obtenidas es estadísticamente distinto al momento de realizar un cruce una determinada especie funge como parental polinizado o parental polinizador.

8.2 Tratamientos y repeticiones

Se definió como material experimental plantas de eucalipto (*Eucalyptus spp.*), establecidas en la ENCA. Los tratamientos planteados son los cruces entre las especies de *Eucalyptus robusta*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus camaldulensis*.

La especie de *Eucalyptus camaldulensis* no se cuenta con polen suficiente por lo que solo se utilizara como planta madre en la investigación con el fin de determinar su compatibilidad con otras especies.

Tabla 3 se muestran las especies que se usarán como padres (en las filas) y madres (en las columnas).

Tabla 12: tratamientos a establecer.

| Padre/madre | <i>Urophylla</i> | <i>Camaldulensis</i> | <i>Grandis</i> | <i>Robusta</i> |
|----------------------|------------------|----------------------|----------------|----------------|
| <i>Urophylla</i> | X | x | x | X |
| <i>Camaldulensis</i> | | X | | |
| <i>Grandis</i> | x | x | X | X |
| <i>Robusta</i> | x | x | x | x |

Fuente: Propia

Tabla 13: identificación de tratamientos

| TRATAMIENTO | CRUCE |
|-------------|---|
| T1 | <i>Urophylla</i> * <i>Urophylla</i> |
| T2 | <i>Camaldulensis</i> * <i>Camaldulensis</i> |
| T3 | <i>Grandis</i> * <i>Grandis</i> |
| T4 | <i>Robusta</i> * <i>Robusta</i> |
| T5 | <i>Urophylla</i> * <i>Camaldulensis</i> |
| T6 | <i>Urophylla</i> <i>Grandis</i> |
| T7 | <i>Grandis</i> * <i>Urophylla</i> |
| T8 | <i>Urophylla</i> <i>Robusta</i> |
| T9 | <i>Robusta</i> * <i>Urophylla</i> |
| T10 | <i>Grandis</i> * <i>Camaldulensis</i> |
| T11 | <i>Robusta</i> * <i>Camaldulensis</i> |
| T12 | <i>Robusta</i> * <i>Grandis</i> |
| T13 | <i>Grandis</i> * <i>Robusta</i> |

Fuente: Propia

8.3 Unidad de experimental

Unidad experimental serán dos árboles de Eucalipto debido a que de esta forma la aplicación de todos los tratamientos será menos complicados con respecto al espacio y la disponibilidad de material vegetal.

8.4 Diseño estadístico

Se utilizará un arreglo bifactorial combinatorio bajo el diseño en bloques completos al azar, contará con 13 tratamientos y 3 repeticiones. Los distintos tratamientos fueron distribuidos de forma aleatoria. Se distribuirán como se muestra en la Figura 8.



Figura 13: distribución de los bloques en el área de trabajo.

8.5 Aleatorización

La distribución de las especies en los bloques está realizada de manera completamente al azar, distribuidos como se observan en las figuras 8,9 y10.

BLOQUE 1

| fila | Línea | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 | GR4 | UZ7 | | UZ8 | | | GR14 | UZ7 | GR18 | UZ3 | | UM 40 | T14 |
| 2 | UM4 | | UM11 | GS7 | UM18 | GS11 | UM25 | C4 | UM32 | | UM34 | GR22 | T13 |
| 3 | R10 | | R5 | | GR10 | | R4 | GS14 | GC2 | | | UZ4 | T12 |
| 4 | C10 | UM7 | GR7 | | R14 | | UZ6 | | GR17 | UM35 | GR21 | T25 | T11 |
| 5 | | | R6 | | C3 | | GR13 | | | R13 | | T24 | T10 |
| 6 | UM3 | | | GS6 | | | | | | | | | T9 |
| 7 | | GS2 | UZ5 | | | | | | | | | T22 | T8 |
| 8 | | UM6 | GR6 | UM13 | | | | UM27 | | UM34 | | | T7 |
| 9 | | R4 | C2 | | R11 | | GR12 | R2 | | | | T20 | T6 |
| 10 | UM2 | GF6 | | | UM16 | | UM23 | C5 | UM30 | GS16 | UM37 | T15 | T5 |
| 11 | R15 | | R7 | | | | | | GC1 | R1 | GR19 | T18 | T4 |
| 12 | C1 | | | UM2 | | | | UM27 | GR15 | UM33 | | T17 | T3 |
| 13 | GR1 | GV | UZ5 | R8 | | | GR11 | | | C7 | | T16 | T2 |
| 14 | | GS2 | UM8 | GS4 | UM15 | GS8 | UM22 | | UM29 | | | T15 | |

| |
|-----------------|
| Leyenda |
| Planta presente |

Figura 14: Distribución de las plantas en el bloque 1

BLOQUE 2

| fila | Línea | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|------|-----|
| 1 | | | | | | GR15 | | | UZ7 | GR14 | GR4 | UZ11 | GR22 | T19 |
| 2 | | UM39 | | | GS7 | UM32 | UM11 | | | UM25 | | GS11 | | |
| 3 | | | GR10 | GS18 | | | | | GS3 | R4 | | | | T25 |
| 4 | | | R14 | UM35 | | GR17 | | UM28 | UM7 | | C10 | | T4 | T18 |
| 5 | | C9 | | R13 | | C13 | R6 | | | GR13 | | | T13 | T8 |
| 6 | | | | | | GF4 | | | | UM24 | | | T3 | T24 |
| 7 | | GR20 | GR5 | | | UM31 | UZ5 | | | | | | T14 | T17 |
| 8 | | | | | | GR15 | GR6 | UM27 | | | | | T12 | |
| 9 | | | R11 | | P2 | | | R2 | R9 | GR12 | GR2 | | T2 | |
| 10 | | | UM16 | GS16 | GS5 | UM30 | | | C5 | UM23 | | | | T16 |
| 11 | | | | | | | R7 | | | R12 | | | T11 | |
| 12 | | | | UM33 | UM12 | GR15 | GR5 | UM26 | | | | | | |
| 13 | | | | C7 | R8 | | UZ5 | | | GR11 | GR1 | C6 | T20 | T15 |
| 14 | | | UM15 | | | UM29 | | | | UM22 | UM1 | | T10 | T5 |

| | |
|-----------------|--|
| Leyenda | |
| Planta presente | |

Figura 15: Distribución de las plantas del bloque 2

BLOQUE 3

| fila | Línea | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|
| 1 | | | R11 | | | | C2 | R2 | R9 | GR12 | | UM40 | | T18 |
| 2 | | UM36 | UM15 | GS15 | GS4 | UM29 | | | | UM22 | | GS8 | | T22 |
| 3 | | | | | | GR18 | GS22 | | | | GR4 | | | T11 |
| 4 | | | | | | | R6 | | GS2 | GR13 | | | T12 | T5 |
| 5 | | UM32 | UM16 | GS16 | | | | | | | | | | T17 |
| 6 | | UM39 | UM18 | | GS7 | UM32 | | | | | | | T6 | |
| 7 | | | | GS17 | GS6 | | | | | UM24 | | | T13 | |
| 8 | | GR12 | | | | | | GS12 | GS1 | R12 | | | | T10 |
| 9 | | | GR10 | | | | | GS14 | | R4 | R10 | | T20 | T16 |
| 10 | | | GR5 | | | | UZ6 | | GS2 | | | | T7 | |
| 11 | | | | | | GR15 | | | UM5 | | | | | T4 |
| 12 | | | R14 | UM35 | UM14 | GR17 | GR7 | | UM7 | | | | | T9 |
| 13 | | | | UM34 | UM13 | | GR6 | | UM6 | | | | | T15 |
| 14 | | | | C7 | R8 | | UZ5 | | | GR11 | GR1 | | T8 | |

| | |
|-----------------|--|
| Leyenda | |
| Planta presente | |

Figura 16: Distribución de las plantas del bloque 3

Leyenda

U= Urophylla

G= Grandis

R= Robusta

C= Camaldulensis

8.6 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = La variable respuesta porcentaje de capsulas

μ = Media general

α_i = Efecto del factor especie

β_j = Efecto del factor parental

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción de los factores

γ_k = Factor bloque

ϵ_{ijk} = Error experimental asociado a las unidades experimentales

8.7 Variable respuesta

Porcentaje de capsulas: se tomará en cuenta el total de capsulas formadas a partir de la cantidad de flores polinizadas, considerando que existen combinaciones en las que no se consigue la polinización debido a incompatibilidades físicas, y genéticas

8.8 Manejo del experimento

Las plantas que se encuentran en el huerto semillero ENCA, son plantas injertadas, las cuales entre las características que poseen es que no tienen un porte alto, aproximadamente de 1.5 a 2.5 metros de altura, por lo que el proceso de polinización se puede realizar de mejor manera, así mismo el proceso de recolección de polen de estas especies. Estas plantas poseen 2 años de edad.

Para la recolección de polen es necesario identificar aquellas flores que se encuentren en un punto adecuado. Siendo aquellas que presentan una coloración blanca cremosa, la cual indica que está a punto de abrir y que los órganos sexuales se encuentran desarrollados. Esto se hace con el objetivo de garantizar que el polen que se obtenga sea completamente de la planta de la que se extrajo.

Posteriormente, una vez cortada las flores, se les quita el opérculo con el objetivo de dejar expuestos los estambres, con la ayuda de una navaja de afeitar se retiran los estambres, luego de esto con la ayuda de un pincel y un tamiz del número 100 se tamizarán los estambres a manera que solo el polen sea el que pase. Una vez tamizado se introduce en un tubo de ensayo para su almacenamiento.

Para iniciar la polinización es necesario identificar las plantas que se encuentren en etapa de floración, auxiliado por el inventario de floración y el croquis del área, una vez localizada la planta es necesario realizar la eliminación de flores que no se encuentren en punto de polinización así como aquellas capsulas que se encuentren en la rama para luego identificar las flores que se encuentren en punto de polinización, estas son las que presentan una coloración entre verde y blanco cremoso y completamente blancas.

Una vez seleccionada las flores es necesario desinfectar las herramientas de trabajo, el pincel y la navaja para luego tomar una flor y realizar un corte radial a una distancia aproximada de 2 mm del borde con el objetivo de cortar el estigma de la planta y dejar el estilo, para que en ese lugar se deposite el polen con la ayuda de un pincel con el que se extrae el polen del tubo de ensayo. Una vez polinizado se identifican con ayuda de cinta de color en la que se anotan datos del padre; especie, procedencia, número de árbol, fecha de colecta del polen, y datos de la madre; línea en la que se encuentra, fila, especie, fecha de polinización, estos datos son necesarios para llevar un control de los cruces.

Es importante realizar monitoreos constantes de las capsulas al menos una vez por semana para observar el estado de madurez de las mismas, con el objetivo de identificar el punto ideal para la cosecha, esta se observa en la dehiscencia de la capsula. Cuando se empieza a abrir se debe realizar la cosecha.

La cosecha se realiza al momento de observar el inicio de la dehiscencia en las capsulas. Con tijeras se cortan las cápsulas con el pedúnculo. Se introducen en una bolsa de papel y se identifican debidamente para tener un registro adecuado. Es necesario identificar el parental polinizador y el parental receptor de polen para cada cruce realizado en la polinización artificial.

Se realizará un conteo de las capsulas obtenidas de cada punto polinizado, para obtener el porcentaje de capsulas obtenidos de acuerdo a las flores polinizadas.

De la misma forma es importante realizar desmalezados a manera de evitar la incidencia de plagas y enfermedades en el área, esto para asegurar que el material biológico se encuentre disponible para la realización de la investigación en las cantidades necesarias.

8.9 Análisis estadístico de información

Verificación de supuestos

Normalidad: De forma gráfica se puede verificar con una gráfica de Q-Q plot en la que se observara la distribución de los residuos generados en software infostat. También se puede realizar una prueba de Shapiro-Wilks modificada

Homocedasticidad: de forma grafica se debe realizar un diagrama de dispersión en la que deben observar dispersiones similares.

Análisis de varianza: Se realizará con la ayuda del software de infostat en la que se evaluarán los distintos tratamientos planteados. En este análisis se observará si existe significancia en las diferencias entre los tratamientos.

Pruebas de medias: Con la ayuda del software infostat se pondrán en contraste los cruces para la comprobación del factor parental del experimento.

Pruebas estadísticas: Se utilizarán comparadores de tukey para identificar los mejores tratamientos.

RESULTADOS

| TRATAMIENTO | REPETICION | BLOQUE | % DE CAPSULAS |
|-------------|------------|--------|---------------|
| 1 | 1 | 1 | 75.00 |
| 1 | 2 | 1 | 88.89 |
| 1 | 3 | 1 | 84.62 |
| 1 | 1 | 2 | 100.00 |
| 1 | 2 | 2 | 78.57 |
| 1 | 3 | 2 | 69.23 |
| 1 | 1 | 3 | 78.95 |
| 1 | 2 | 3 | 72.73 |
| 1 | 3 | 3 | 80.00 |
| 2 | 1 | 1 | 93.33 |
| 2 | 2 | 1 | 100.00 |
| 2 | 3 | 1 | 83.33 |
| 2 | 1 | 2 | 90.91 |
| 2 | 2 | 2 | 77.78 |
| 2 | 3 | 2 | 78.57 |
| 2 | 1 | 3 | 100.00 |
| 2 | 2 | 3 | 77.78 |
| 2 | 3 | 3 | 80.00 |
| 3 | 1 | 1 | 77.78 |
| 3 | 2 | 1 | 88.89 |
| 3 | 3 | 1 | 90.91 |
| 3 | 1 | 2 | 80.00 |
| 3 | 2 | 2 | 100.00 |
| 3 | 3 | 2 | 93.75 |
| 3 | 1 | 3 | 91.67 |
| 3 | 2 | 3 | 75.00 |
| 3 | 3 | 3 | 100.00 |
| 4 | 1 | 1 | 72.73 |
| 4 | 2 | 1 | 85.71 |
| 4 | 3 | 1 | 100.00 |
| 4 | 1 | 2 | 100.00 |
| 4 | 2 | 2 | 76.47 |
| 4 | 3 | 2 | 45.45 |
| 4 | 1 | 3 | 66.67 |
| 4 | 2 | 3 | 57.14 |
| 4 | 3 | 3 | 58.33 |
| 5 | 1 | 1 | |
| 5 | 2 | 1 | |
| 5 | 3 | 1 | |

| | | | |
|---|---|---|-------|
| 5 | 1 | 2 | |
| 5 | 2 | 2 | |
| 5 | 3 | 2 | |
| 5 | 1 | 3 | |
| 5 | 2 | 3 | |
| 5 | 3 | 3 | |
| 6 | 1 | 1 | |
| 6 | 2 | 1 | |
| 6 | 3 | 1 | |
| 6 | 1 | 2 | |
| 6 | 2 | 2 | |
| 6 | 3 | 2 | |
| 6 | 1 | 3 | |
| 6 | 2 | 3 | |
| 6 | 3 | 3 | |
| 7 | 1 | 1 | |
| 7 | 2 | 1 | 9.09 |
| 7 | 3 | 1 | 0.00 |
| 7 | 1 | 2 | 4.55 |
| 7 | 2 | 2 | 16.67 |
| 7 | 3 | 2 | 13.33 |
| 7 | 1 | 3 | 38.46 |
| 7 | 2 | 3 | 6.25 |
| 7 | 3 | 3 | 17.65 |
| 8 | 1 | 1 | |
| 8 | 2 | 1 | |
| 8 | 3 | 1 | |
| 8 | 1 | 2 | |
| 8 | 2 | 2 | |
| 8 | 3 | 2 | |
| 8 | 1 | 3 | |
| 8 | 2 | 3 | |
| 8 | 3 | 3 | |
| 9 | 1 | 1 | |
| 9 | 2 | 1 | |
| 9 | 3 | 1 | |
| 9 | 1 | 2 | |
| 9 | 2 | 2 | |
| 9 | 3 | 2 | |
| 9 | 1 | 3 | |
| 9 | 2 | 3 | |

| | | |
|----|---|---|
| 9 | 3 | 3 |
| 10 | 1 | 1 |
| 10 | 2 | 1 |
| 10 | 3 | 1 |
| 10 | 1 | 2 |
| 10 | 2 | 2 |
| 10 | 3 | 2 |
| 10 | 1 | 3 |
| 10 | 2 | 3 |
| 10 | 3 | 3 |
| 11 | 1 | 1 |
| 11 | 2 | 1 |
| 11 | 3 | 1 |
| 11 | 1 | 2 |
| 11 | 2 | 2 |
| 11 | 3 | 2 |
| 11 | 1 | 3 |
| 11 | 2 | 3 |
| 11 | 3 | 3 |
| 12 | 1 | 1 |
| 12 | 2 | 1 |
| 12 | 3 | 1 |
| 12 | 1 | 2 |
| 12 | 2 | 2 |
| 12 | 3 | 2 |
| 12 | 1 | 3 |
| 12 | 2 | 3 |
| 12 | 3 | 3 |
| 13 | 1 | 1 |
| 13 | 2 | 1 |
| 13 | 3 | 1 |
| 13 | 1 | 2 |
| 13 | 2 | 2 |
| 13 | 3 | 2 |
| 13 | 1 | 3 |
| 13 | 2 | 3 |
| 13 | 3 | 3 |

9 BIBLIOGRAFÍA

- Aparecida de Sousa, V., Virgínia de Aguiar, A., & Pinto Júnior, J. E. (2021). *Manuseio de pólen e produção de híbridos de Eucalyptus e Corymbia*. Brasil: Embrapa Florestas-Capítulo em livro científico (ALICE).
- Basse, K. M. (1992). *Estudio y elaboracion de fichas tecnicas de especies de importancia forestal en zonas tropicales*. Madrid, España.
- Carmona, R. I. (2014). *Mejoramiento genetico de eucalipto en Chile*. Chile : INFOR-FIA.
- CIAT. (1997). *Guia de estudio cruzamiento del frijol*. Cali, Colombia: CIAT.
- Espejo C., J., Ipnza C., R., & M.Potts, B. (1996). *Manual de cruzamientos controlados para Eucalyptus nitens (Deane et Maiden) maiden y Eucalyptus globulus (Labill)*. Valdivia: Marsia Cuneo.
- Flores, M. Á. (2018). *Infoagro*. Obtenido de https://www.infoagro.com/hortalizas/hibridaciones_horticolas.htm
- Harbard Griffin, J. (1999). *Mass controlled pollination of Eucalyptus globulus: a practical reality*. Canada: Canadian Jnl of Forestry Research.
- INAB. (2016). *Guia de especies forestales para leña*. Guatemala: INAB.
- INAB. (2016). *Guia tecnica de las especies forestales mas utilizadas para la produccion de leña en Guatemala*. Guatemala: INAB FAO/FFF.
- National Academy of Sciences. (1984). *Especies para leña: arboles y arbustos para la produccion de energia*. Costa Rica: CATIE.
- Otarola Toscano, A., Sequeira Mondragon, A., Diaz Alvarado, N., Lanuza Rodriguez, B., & Caldero Sequeira, F. (1997). *Resultados de 10 años de investigacion silvicultural del proyecto madeleña en Nicaragua*. Nicaragua: CATIE.
- Potts, B., & Gore, P. (1995). *Reproductive biology and controlled pollination of Eucalyptus*. Hobart, Tasmania: Univesity of Tasmania .
- Raymond, C. (2002). *Genetics of Eucalyptus wood properties*. . Annals of Forest Science.
- Renobables, G., & Sallés, J. (2001). *Plantas de interés farmacéutico*.
- Rojas, P., Perret, S., & Paz Molina, M. (2007). *Ensayo de Hibridacion artificial OSP en Eucalyptus globulus y E. camaldulensis con especies tolerantes al defisit hidrico*. Chile: INFOR.
- Sáenz, J. C. (2019). *Diagnostico de Aguas residuales de la Escuela Nacional Central de Agricultura, finca Barcena Villa Nueva. Barcena, Villa Nueva*. Barcena, Villa Nueva Guatemala: USAC.

Serra, M. (1997). *Especies arboreas y arbustivas para las zonas aridas y semiaridas de america latina*. FAO-PNUMA.

Skolmen, J. P. (1990). *Silvics of North America*. Washington, DC: Department of Agriculture, Forest Service.

weatherspark. (31 de 12 de 2016). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/11622/Clima-promedio-en-Villa-Nueva-Guatemala-durante-todo-el-a%C3%B1o>