

MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA
Y FORESTAL

DIRECCIÓN NACIONAL DE INNOVACIÓN

PROYECTO:

DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DEL CACAO

PROTOCOLO:

PLAN DE ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE
BANCO DE GERMOPLASMA DE CACAO
CULTIVADO (*Theobroma cacao* L.) EN
SENDA "A" TAC MUNICIPIO DE CHIMORE
COCHABAMBA

LA PAZ – BOLIVIA

NOVIEMBRE, 2023



Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	5
1.1.	ANTECEDENTES.....	5
1.2.	JUSTIFICACIÓN.....	6
2.	OBJETIVOS	6
2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	6
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
3.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
3.1.	IMPORTANCIA DEL CULTIVO	7
3.2.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CACAO	7
3.3.	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL CULTIVO DE CACAO.....	7
3.3.1.	SISTEMA RADICULAR.....	7
3.3.2.	TALLO Y RAMAS.....	7
3.3.3.	HOJAS.....	8
3.3.4.	FLOR	8
3.3.5.	EL FRUTO.....	8
3.3.6.	LA SEMILLA	8
3.3.7.	FORMAS DE PROPAGAR EL CULTIVO DE CACAO	9
3.4.	PROPAGACIÓN ASEXUAL O VEGETATIVA.....	9
3.5.	CARACTERÍSTICAS GENÉTICAS	10
3.5.1.	TIPO DE REPRODUCCIÓN.....	10
4.	NORMAS PARA BANCOS DE GERMOPLASMA DE CAMPO	10
4.1.	NORMAS PARA LA ELECCIÓN DE LA UBICACIÓN DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE CAMPO 10	
4.2.	NORMAS PARA LA ADQUISICIÓN DE GERMOPLASMA	10
4.3.	NORMAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE COLECCIONES DE CAMPO.....	11
4.4.	NORMAS PARA EL MANEJO EN CAMPO	11
4.5.	NORMAS PARA LA REGENERACIÓN Y LA PROPAGACIÓN	12
4.6.	NORMAS PARA LA CARACTERIZACIÓN.....	12
4.7.	NORMAS PARA LA EVALUACIÓN	13
1.1.	NORMAS PARA LA DOCUMENTACIÓN	13
4.8.	NORMAS PARA LA DISTRIBUCIÓN	14

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



4.9.	NORMAS PARA LA SEGURIDAD Y LA DUPLICACIÓN DE SEGURIDAD	14
5.	MANEJO DEL GERMOPLASMA CONSERVADO	14
5.1.	UTILIZACIÓN DEL GERMOPLASMA	14
5.2.	UTILIZACIÓN DIRECTA	14
5.3.	UTILIZACIÓN INDIRECTA	15
5.4.	CÓMO SE MEJORA EL GERMOPLASMA	15
5.4.1.	MODIFICACIÓN DE LAS FRECUENCIAS DE LOS ALELOS	15
5.4.2.	TRANSFERENCIA DE GENES PARA MODIFICAR EL GENOTIPO	15
5.5.	TRANSFERENCIA DE GENES O FRAGMENTOS DE ADN AL GENOMA	16
6.	MANEJO DE BANCOS Y COLECCIONES	16
6.1.	COLECCIONES Y BANCOS DE GERMOPLASMA	16
6.2.	LAS COLECCIONES DE GERMOPLASMA	17
6.3.	COLECCIÓN BASE	17
6.4.	COLECCIÓN ACTIVA	17
6.5.	LOS BANCOS DE GERMOPLASMA	17
6.6.	TIPOS DE BANCO	18
7.	ESTABLECIMIENTO DE BANCO DE GERMOPLASMA EN CAMPO	18
7.1.	UBICACIÓN DEL TERRENO PARA ESTABLECIMIENTO DEL BANCO DE GERMOPLASMA	18
7.2.	PREPARACIÓN DEL TERRENO	19
7.2.1.	TRAZADO DEL TERRENO	19
7.2.2.	APERTURA DE HOYOS	20
7.2.3.	PLANIFICACIÓN ANTES DE LA SIEMBRA	20
7.2.4.	DISEÑO DE LA PARCELA	21
7.2.5.	SIEMBRA DE HIJUELOS DE BANANO Y ESPECIES FORESTALES	21
7.2.6.	DESHIERBES DE MALEZAS	22
8.	MATERIALES Y METODOS	23
8.1.	LOCALIZACIÓN	23
8.1.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	23
8.2.	CARACTERÍSTICAS EDAFO CLIMÁTICAS TRÓPICO DE COCHABAMBA	23
8.3.	MATERIALES	24
8.3.1.	GENÉTICO	24
8.3.2.	CAMPO	24
8.3.3.	GABINETE	24

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"





8.4.	METODOLOGÍA.....	24
8.4.1.	CROQUIS DEL BANCO DE GERMOPLASMA	26
9.	CRONOGRAMA	28
10.	PRESUPUESTO	28
11.	RESULTADOS ESPERADOS.....	29
12.	BIBLIOGRAFÍA	29



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – INIAF

Dirección: Calle Cañada Strongest, Esquina Otero de la Vega, N° 1573/ Zona San Pedro Centro

Teléfonos: (591-2) - 22124404 – 2 2124411 Web: iniaf.gob.bo

La Paz – Bolivia



PLAN DE ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DE BANCO DE GERMOPLASMA CACAO CULTIVADO (*Theobroma cacao* L.) SENDA "A" TAC – MUNICIPIO DE CHIMORE - COCHABAMBA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El cacao (*Theobroma cacao* L.), se cultiva en Bolivia en las áreas tropicales de los Departamentos de La Paz, Beni, Pando, Santa Cruz y Cochabamba, encontrándose también en forma silvestre, la zona de mayor producción de Bolivia se ubicó en Alto Beni, departamento de La Paz (July, 2007).

Quispe (2010), asegura que el cacao es una planta típica de los bosques tropicales húmedos. El centro de origen está situado en la Amazonía de Sudamérica. Sin embargo, Estrada et al. (2011), el cacao tenía gran valor para los mayas y fue utilizado como moneda, elemento de intercambio comercial y pieza clave en la preparación de comidas y bebidas. El registro arqueológico de cacao más antiguo hasta la fecha se remonta a 2,600 años atrás.

Según en Bolivia principalmente en las regiones de la amazonia y región sub tropical como la región del Alto Beni; se sitúa una de las zonas de mayor producción de cacao nacional, con un rendimiento anual de 350 – 450 Kg/ha, mismo que estas regiones producen anualmente 4.560 t, del cual un 90% proviene de la región del Alto Beni en el departamento de La Paz, siendo el valor económico de esta producción de 2.8 millones de dólares en ingresos económicos productivos de la región y el PIB nacional (July, 2007).

Actualmente el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, a través del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, han retomado el interés por este cultivo, que tienen como objetivo principal el desarrollo tecnológico y el fortalecimiento de la base productiva en el país a través de investigaciones sobre el cultivo de cacao, buscando materiales promisorios de alto valor genético para su rescate y conservación en bancos de germoplasma y propagados vegetativamente en Jardines clonales.

Por esta razón sea propuesto realizar un plan de establecimiento y manejo de Banco de germoplasma de cacao cultivado en el municipio de Chimore – Cochabamba, con la

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



finalidad de concentrar todos los ecotipos de cacao local, regional, departamental y nacional.

1.2. Justificación

En el proyecto se considera establecer bancos de germoplasma que centralizaran ecotipos con variabilidad diferentes (autocompatibles y autoincompatibles) bajo aspectos técnicos y estarán constantemente monitoreados morfológicamente y sujeto a observación para determinar la productividad.

El establecimiento de los bancos de germoplasma tiene el propósito de concentrar todos los ecotipos de cacao bajo un diseño croquis.

El proceso del establecimiento consiste en llevar a las plantas multiplicados en viveros, a su lugar definitivo (banco de germoplasma) donde se desarrollará y alcanzará su máxima productividad a los 6 a 9 años de edad. Posterior se realizará la caracterización morfológica *ex - situ*. En el banco de germoplasma se realizará la polinización cruzada, para obtener nuevos ecotipos de cacao.

En este sentido el presente plan de establecimiento de banco de germoplasma de cacao cultivado en Senda "A" TAC – Chimoré - Cochabamba será de gran importancia para futuras investigaciones y mejoramiento genético y su uso.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Conservar ecotipos de cacao cultivado (*Theobroma cacao L.*) de diferente variabilidad genética en el banco de germoplasma de Senda "A" TAC – Chimoré – Cochabamba.

2.2. Objetivos específicos

- Establecer plantas de vivero de 36 ecotipos de cacao cultivado
- Manejo agronómico en el banco de germoplasma de cacao cultivado de acuerdo al ciclo del cultivo.
- Etapa de conservación *ex - situ* de recursos de ecotipos de cacao

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Importancia del cultivo

El árbol de cacao es de tamaño mediano, de entre 5 a 8 m, aunque de acuerdo a las condiciones silvestres puede alcanzar hasta 15 m; su copa es densa y puede conformar un diámetro de 7 a 9 m; el tronco es usualmente recto, aunque puede llegar a desarrollar formas muy variadas, según las condiciones ambientales (July, 2007).

3.2. Clasificación taxonómica del cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L), pertenece a la familia *Malvaceae*, orden *Malvales*, y forma parte de las 22 especies del género *Theobroma* (Estivarez, 2020).

Reino: Plantae

Tipo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: *Theobroma*

Especie: *cacao* L.

3.3. Descripción botánica del cultivo de cacao

3.3.1. Sistema Radicular

La forma y desarrollo de las raíces del cacao dependen principalmente de la textura, estructura y consistencia del suelo. En suelos profundos bien aireados su crecimiento puede alcanzar hasta 2 metros de profundidad; en suelos pedregosos su crecimiento es tortuoso. Cuando el suelo es de una estructura granular uniforme y de textura arcillosa, la raíz crece erecta (Batista, 2006).

La planta de cacao originada de una semilla posee un sistema radicular compuesto por una raíz principal pivotante de la cual nacen numerosas raíces secundarias, esta busca las capas inferiores del suelo hacia los mantos freáticos. Estas son más numerosas en los 30 primeros centímetros donde forman una densa red de raicillas en la superficie del suelo, la cual se ve favorecida por una capa de materia orgánica en descomposición que la protege de la radiación directa, y de la erosión superficial (PIAF – EL CEIBO, 2015).

3.3.2. Tallo y Ramas

“2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO”



Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilo u horqueta (Estrada, 2011).

Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilo u horqueta (PIAF – EL CEIBO, 2015).

3.3.3. Hojas

Las hojas adultas son de color verde, de lámina simple, entera de forma que va desde lanceoladas o casi ovaladas, con una nervadura pinnada y ambas superficies glabras (Estrada, 2011).

Las hojas cuando jóvenes son muy delicadas por lo que son apetecidas por los insectos y dañadas por el viento poseen un color verde pálido y al alcanzar su madurez hacen el cambio de color (PIAF- EL CEIBO, 2015).

3.3.4. Flor

La flor del cacao es hermafrodita es decir cuenta con ambos sexos, su polinización es estrictamente entomófila, para lo cual la flor inicia su proceso de apertura con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde. El día siguiente en horas de la mañana la flor ya está abierta en su totalidad (PIAF – EL CEIBO, 2015).

3.3.5. El Fruto

La longitud del fruto puede variar de 7 a 17 cm en cacao nativo silvestre, mientras en cacao cultivado esta entre 15 a 31 cm con un peso promedio que oscila entre 0,70 a 1010 g. (July, 2007).

El fruto es conocido botánicamente como una drupa; pero generalmente se le conoce como mazorca, carnosa oblonga a ovada amarilla o purpúrea de 15 a 30 cm de largo por 7 a 10 cm de grueso (PIAF –EL CEIBO, 2015).

3.3.6. La Semilla

“2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO”



La semilla o almendra de cacao está cubierta por una pulpa ácida llamada arilo o mucilago. En una mazorca de cacao amazónico boliviano se encuentran en promedio de 38 a 51 semillas unidas a un eje central denominado placenta (July, 2007).

3.3.7. Formas de propagar el cultivo de cacao

En programas de desarrollo, donde se conoce de antemano el potencial de producción, el comportamiento frente a enfermedades y plagas y la calidad del material de siembra, se deben utilizar las técnicas de la polinización artificial para obtener plantas muy productivas.

a) Ventajas de la propagación por semilla

- El uso de semilla facilita el establecimiento de las plantaciones
- En cuanto a recursos y materiales es más económico
- Tecnológicamente más accesible a los agricultores

b) Desventaja de la propagación por semilla

- La producción no presenta las características de la planta madre
- No conserva la variabilidad genética
- Pérdida de diversidad
- Nuevas características no deseables

3.4. Propagación asexual o vegetativa

Una alternativa para incrementar producciones y homogenizar las plantaciones de cacao es la propagación asexual o vegetativa, ya que no entran en juego los sexos, siendo el resultado de divisiones celulares sucesivas, en las cuales las células hijas formadas poseen igual contenido genético que aquellas que les dio el origen (Mejía y Arguello, 2000).

La propagación asexual es la única manea de reproducir fielmente una planta, ya que existe la certeza de tener al progenitor fielmente repetido de manera que este tipo de reproducción se denomina clonación y el producto clon. Mientras que en la reproducción

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



por semillas pueden o no heredar las cualidades de producción y calidad de los progenitores (Gómez, 2005).

3.5. Características genéticas

Grupos genéticos del cacao son tres principales grupos genéticos de cacao han sido descritos y cultivados tradicionalmente alrededor del mundo: Criollo, Forastero y Trinitario. El grupo de los Criollos fue originalmente cultivado por los mayas en América Central y representa el primer grupo de cacao domesticado del mundo. El grupo de los Forasteros incluye distintas poblaciones localizadas a lo largo de la Región Amazónica desde Colombia hasta Guyanas (Ruiz, 2014).

3.5.1. Tipo de reproducción

El cacao es de una especie de ciclo vegetativo perenne, con un número de cromosomas de $2n = 20$, altamente alogama y su reproducción puede ser Sexual y Asexual. El tiempo en la maduración de frutos varía por genotipos y ambiente de 150 a 210 días (5 a 7 meses). La semilla del cacao germina cuando llega a la madurez, cuando ha perdido el mucilago que le cubre, el cual tiene sustancias inhibidoras de la semilla por lo que no puede ser almacenado por mucho tiempo (Ruiz, 2014).

4. NORMAS PARA BANCOS DE GERMOPLASMA DE CAMPO

4.1. Normas para la elección de la ubicación del banco de germoplasma de campo

Las condiciones agroecológicas se considera (clima, altitud, suelo, drenaje) de la zona donde se ubique el banco de germoplasma de campo deben ser tan similares como sea posible al entorno donde los materiales vegetales se desarrollen normalmente o donde hayan sido recolectados (FAO, 2014).

El banco de germoplasma de campo debe estar ubicado de manera que se reduzcan al mínimo los riesgos de desastres y peligros tanto naturales como provocados por el hombre como plagas, enfermedades, daños causados por animales, inundaciones, sequías, incendios, daños por nieve y congelación, volcanes, granizo, robos o vandalismo (FAO, 2014).

4.2. Normas para la adquisición de germoplasma

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



Todas las muestras que se incorporen al banco de germoplasma deberán haber sido adquiridas legalmente con la documentación técnica pertinente.

Todo material deberá ir acompañado de sus datos asociados, al menos los que se enumeran en los descriptores de pasaporte para cultivos múltiples de FAO/ Bioversity (FAO, 2014).

El material de reproducción se recogerá siempre que sea posible a partir de plantas sanas y en crecimiento, y en un estado de madurez suficiente para su adecuada propagación.

El cumplimiento de la norma 5.2.1 permitirá el movimiento seguro de germoplasma a partir de sitios de recolección, tanto dentro como fuera del país, hasta el lugar donde se sitúe el banco de germoplasma. Cuando el material se recolecte *in situ* es importante atenerse a la reglamentación nacional, la cual normalmente exige la obtención de permisos de recolección de parte de las autoridades nacionales competentes (FAO, 2014).

4.3. Normas para el establecimiento de colecciones de campo

Se debe mantener un número de plantas suficiente para abarcar la diversidad genética de cada ecotipos de cacao y para garantizar la seguridad de la accesión.

Un banco de germoplasma de campo debe disponer de un mapa en el que se indique claramente la localización exacta de cada accesión en la parcela. Se deben seguir las prácticas de cultivo apropiadas teniendo en cuenta el microambiente, la época de plantación, los porta injertos, el régimen de riego y el control de plagas, enfermedades y malas hierbas.

El número será distinto para plantas anuales y perennes, y también varía si las especies se propagan por semillas o de forma vegetativa. En el caso de especies que se propagan por semillas, el tamaño de la muestra debe ser lo suficientemente grande como para abarcar la diversidad genética contenida en la accesión que se ha recolectado (FAO, 2014).

4.4. Normas para el manejo en campo

Se debe realizar una vigilancia de forma regular de las plagas y enfermedades en las plantas y el suelo. Se deben realizar las labores de cultivo apropiadas para el adecuado

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



crecimiento de la planta, como fertilización, riego, poda, colocación de espalderas, labores de injerto y escarda.

Se debe controlar la identidad genética de cada accesión aislando adecuadamente las accesiones cuando sea necesario, evitando el crecimiento cruzado de las accesiones, usando etiquetas apropiadas y mapas de campo y estudiando periódicamente la identidad mediante técnicas morfológicas o moleculares (FAO, 2014).

4.5. Normas para la regeneración y la propagación

Toda accesión de la colección de campo debe ser regenerada cuando el vigor o el número de plantas hayan disminuido hasta niveles críticos, con el fin de recuperar los niveles originales y garantizar que se mantiene la diversidad y la integridad genética. Para la propagación se debe utilizar material vegetal sano y conforme a su tipo. Se debe documentar adecuadamente e incluir en el sistema de información del banco de germoplasma toda información relativa a los ciclos y procedimientos de regeneración de plantas, incluyendo la fecha, la autenticidad de las accesiones, las etiquetas y los mapas de localización. (Dulloo *et al.*, 2008).

Por otro lado, en las especies alógamas la hibridación entre accesiones puede reducir la varianza genética dentro de la colección y modificar la integridad de cada accesión individual. Siempre que sea posible las plantas deben propagarse de forma vegetativa, ya que al ser todos los descendientes réplicas exactas de la planta madre, se mantiene la integridad genética de la accesión.

4.6. Normas para la caracterización

Todas las accesiones deben ser caracterizadas. Para la caracterización de cada accesión se debe utilizar un número representativo de plantas. Las accesiones deben ser caracterizadas morfológicamente utilizando las listas de descriptores internacionalmente aceptadas que estén disponibles.

Las herramientas moleculares también son importantes para confirmar la identidad de la accesión y la conformidad al tipo.

La caracterización se basará en formatos de registro que se ofrezcan en los descriptores utilizados internacionalmente.

La caracterización es la descripción del germoplasma vegetal y constituye una herramienta para la descripción e identificación de las accesiones, la confirmación de su

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



conformidad al tipo, y la identificación de duplicados en una colección. La caracterización determina la expresión de caracteres altamente heredables, ya sean morfológicos, fisiológicos o agronómicos, incluyendo caracteres agrobotánicos como la altura de la planta, la morfología de la hoja, el color de la flor, las características de la semilla, la fenología y la capacidad de sobrevivir al invierno de las plantas perennes. Esta información es esencial para que el personal del banco distinga entre las distintas accesiones de la colección (FAO, 2014).

4.7. Normas para la evaluación

Se deben tomar datos de evaluación de las accesiones de los bancos de germoplasma de los caracteres de interés y en conformidad con las listas de descriptores de cultivos acordados a nivel internacional, cuando éstos estén disponibles.

Los métodos/protocolos, formatos y mediciones para la evaluación deberán estar adecuadamente documentados con las citas pertinentes. Las normas de almacenamiento de datos deberán utilizarse como referencia para la toma de datos.

Los ensayos de evaluación deberán replicarse (en tiempo y localización) según proceda y estar basados en un diseño estadístico concluyente (FAO, 2014).

1.1. Normas para la documentación

Los datos de pasaporte de todas las accesiones deben estar documentados utilizando los descriptores de pasaporte para cultivos múltiples de FAO/ Bioversity. Además, la información de la accesión también debe incluir datos de inventario, mapas, situación de las parcelas, regeneración, caracterización, evaluación, peticiones, datos de distribución e información proporcionada por los usuarios. Todos los procesos de manejo de campo y prácticas culturales deben ser registrados y documentados.

Además de los datos de pasaporte y los descriptores normalizados de especies cultivadas, otros tipos de datos específicos de las colecciones de campo que se deben registrar son por ejemplo catálogos de plantas, imágenes (fotografías, dibujos), fechas de plantación y de recolección y notas sobre el historial de verificación de la identidad. La lista de descriptores de pasaporte para cultivos múltiples de FAO/Bioversity (Alercia *et al.*, 2012) se deberá utilizar para documentar los datos de pasaporte, ya que es fundamental para el intercambio de datos entre bancos y países.

“2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO”



4.8. Normas para la distribución

Todo germoplasma se debe distribuir de conformidad con las leyes nacionales y los tratados y convenios internacionales pertinentes. Todas las muestras se deben suministrar junto con todos los documentos pertinentes exigidos por los países donante y receptor.

La distribución de germoplasma consiste en el suministro de una muestra representativa de una accesión de un banco de germoplasma en respuesta a las peticiones de los usuarios de germoplasma vegetal (FAO, 2014).

4.9. Normas para la seguridad y la duplicación de seguridad

Se deberá implementar y actualizar según proceda una estrategia de manejo de riesgos que incluya los riesgos físicos y biológicos identificados en las Normas. Los bancos de germoplasma deberán respetar las normas y protocolos locales de seguridad y salud en el trabajo.

Los bancos de germoplasma deberán emplear el personal necesario para desempeñar todas las funciones ordinarias y asegurar que el banco puede adquirir, conservar y distribuir germoplasma de conformidad con las normas. Se realizará un duplicado de seguridad de cada una de las muestras del banco de germoplasma de campo en al menos en un sitio adicional y/o éstas serán respaldadas por un método o estrategia de conservación alternativa como el cultivo *in vitro* o la criopreservación, cuando sea posible (FAO, 2014).



5. MANEJO DEL GERMOPLASMA CONSERVADO

5.1. Utilización del germoplasma

El germoplasma se conserva para utilizarlo. El aprovechamiento depende de saber dónde está, conocer sus características y utilidad, y mantenerlo viable y disponible. El germoplasma se puede utilizar directa (uso inmediato) e indirectamente (mejora genética), como veremos a continuación (Jaramillo S. y Baena M. 2000).

5.2. Utilización directa

La utilización directa consiste en identificar materiales con características deseables – generalmente razas nativas– e introducirlos en su forma original en otras regiones. El germoplasma normalmente se introduce con fines de producción pero se puede utilizar

“2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO”



para restaurar un hábitat o reintroducir donde se ha perdido (Jaramillo S. y Baena M. 2000).

5.3. Utilización indirecta

Consiste en buscar genes en especies silvestres, formas regresivas y variedades tradicionales para introducirlos en otros cultivares con el fin de obtener materiales atractivos y fáciles de usar. Esta forma de utilización se conoce como fitomejoramiento y busca incrementar la producción y/o mejorar la calidad de los cultivos. La producción se incrementa mejorando el rendimiento, la eficiencia fisiológica, la adaptación y los caracteres agronómicos, e introduciendo resistencia a plagas y enfermedades. La calidad se mejora elevando el contenido nutricional y la palatabilidad, o refinando atributos como forma, color y duración en almacenamiento (Jaramillo S. y Baena M. 2000).

5.4. Cómo se mejora el germoplasma

Los materiales mejorados se obtienen modificando la frecuencia de alelos o las combinaciones de los genes (genotipo). Dependiendo del objetivo, la variabilidad genética de la especie y la disponibilidad de recursos, el Fito mejorador utilizará a) la selección para modificar frecuencia de los genes o b) la hibridación, el retro cruzamiento o la transferencia de genes para modificar el genotipo. A continuación describiremos estas opciones:

5.4.1. Modificación de las frecuencias de los alelos

Las frecuencias de los alelos o de los genotipos se modifican mediante la selección, que consiste identificar –dentro de una población genéticamente variable, cultivada en ambientes escogidos y en condiciones uniformes– genotipos con una o más características (genes) de interés y seleccionarlos repetidas veces hasta obtener materiales agronómicamente sobresalientes. La expresión de la característica deseada en el material mejorado se observa indirectamente a través del fenotipo pero debe ser una manifestación del genotipo y no un efecto del ambiente. Los métodos de selección más utilizados son la selección masal, la de líneas puras y la de plantas individuales con prueba de progenie en especies autógamas (e.g., el arroz), la selección recurrente y la selección entre y dentro de familias de medios hermanos y hermanos completos en alógamas (e.g., el maíz).

5.4.2. Transferencia de genes para modificar el genotipo

“2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO”



Los genes se pueden transferir cruzando plantas (hibridación, retrocruzamiento y premejoramiento) o insertando genes o fragmentos de ADN directamente en el genoma, mediante biotecnología e ingeniería genética. La hibridación consiste en cruzar dos cultivares genéticamente diferentes para reunir en uno (generación híbrida) genes o características de interés que ellos poseen. Es el principal método para mejorar especies alógamas como el maíz. La hibridación aumenta la variabilidad genética de la especie en tanto permite hacer nuevas combinaciones de genes (Poehlman y Sleper 1995). El retrocruzamiento consiste en introducir –mediante hibridación– un carácter de interés presente en un progenitor donante en un cultivar con buenas características agronómicas pero cruzando el híbrido producido varias veces con el cultivar inicial (progenitor recurrente) hasta recuperar las características que se perdieron con la hibridación (Jaramillo S. y Baena M. 2000).

5.5. Transferencia de genes o fragmentos de ADN al genoma

La biotecnología y la ingeniería genética permiten pasar de trabajar con toda la planta (mejoramiento clásico) a trabajar a nivel celular o molecular (transformación genética) manipulando directamente el ADN. El procedimiento consiste en:

- a) Localizar el gen o el fragmento de ADN deseado,
- b) Cortarlo utilizando enzimas de restricción,
- c) Colocarlo dentro de un vector o plásmido,
- d) Insertar el vector con el ADN en el genoma del material objetivo y
- e) evaluar la expresión del gen o fragmento insertado en la planta modificada. Estas nuevas metodologías, aún en etapa de perfeccionamiento, facilitan la mejora de cultivos pues superan limitaciones de los métodos clásicos como la incompatibilidad, la autoincompatibilidad y la esterilidad.

6. MANEJO DE BANCOS Y COLECCIONES

6.1. Colecciones y bancos de germoplasma

Cómo conservar muestras de germoplasma ex situ, es decir, fuera de su hábitat natural. Las muestras de una especie se agrupan en una colección, cuyo manejo está a cargo de una institución. Las colecciones, las actividades y los servicios que la institución presta a partir del germoplasma que conserva nos llevan a hablar de bancos de

“2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO”



germoplasma. A continuación describiremos los tipos de colección y de banco de germoplasma y daremos algunos ejemplos.

6.2. Las colecciones de germoplasma

Las colecciones son congregaciones de accesiones representativas de una variación genética objetivo de conservación y/o utilización. Pueden contener desde decenas hasta miles de muestras, mantenidas en los ambientes y condiciones relevantes. Las colecciones de germoplasma se clasifican en colección base, activa, núcleo y de trabajo. Veamos ahora qué materiales las componen, en qué condiciones se conservan y durante cuánto tiempo (Jaramillo S. y Baena M. 2000).

6.3. Colección base

La colección base agrupa la variabilidad genética posible de las especies de interés, incluyendo parientes silvestres, formas intermedias, cultivares, variedades tradicionales y germoplasma élite (Vilela-Morales y Valois 1996). Se establece para conservar el germoplasma a largo plazo y recuperar accesiones perdidas, no para distribuir o intercambiar (Jaramillo S. y Baena M. 2000).

6.4. Colección activa

La colección activa es un duplicado de la colección base, establecida a corto y mediano plazos para manejo y distribución. Puede conservar germoplasma en forma de semilla, en campo o in vitro. Si se establece in vitro, el material se conserva en crecimiento lento. Las colecciones activas pueden estar a cargo de una variedad de instituciones tanto públicas como privadas, incluyendo centros internacionales de investigación, programas nacionales, regionales, provinciales y municipales, universidades y organizaciones no gubernamentales. Dos ejemplos son las colecciones de maíz en el CIMMYT (México) y de yuca en el CIAT (Colombia).

6.5. Los bancos de germoplasma

Se establecen para cumplir los objetivos de conservación de una institución de investigación, un país o una región. Realizan diferentes actividades que van desde adquirir el germoplasma, conocer sus características y utilidad potencial, y asegurar su supervivencia, hasta mantenerlo disponible para los usuarios y difundir información que estimule su utilización. Generalmente están adscritos a una institución o a cargo de un grupo de personas (curadores) con la capacidad y los recursos para mantener el

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



germoplasma en condiciones óptimas por el tiempo que se requiera (Jaramillo S. y Baena M. 2000).

6.6. Tipos de banco

Los bancos de germoplasma se clasifican según el tipo de muestra y el número de especies que conservan, y por el mandato de la institución a la cual están adscritos. Por el tipo de muestra, los bancos pueden ser de semilla, de campo (incluyendo jardines botánicos y arboreta) e in vitro. Según el número de especies se clasifican en mono, oligo y poliespecíficos. Por mandato institucional se clasifican en bancos institucionales, nacionales, regionales e internacionales (Jaramillo S. y Baena M. 2000).

7. ESTABLECIMIENTO DE BANCO DE GERMOPLASMA EN CAMPO

7.1. Ubicación del terreno para establecimiento del banco de germoplasma

Para el establecimiento y manejo de banco de germoplasma se debe tomar en cuenta la disponibilidad de agua, suelo fértil y si la pendiente es apropiada para poder trabajar.

- Establecer un banco de germoplasma en terrenos de textura franca, con pendientes no mayores al 10 % y no inundables.
- Ubicarlo cerca a las instalaciones del vivero.
- El área del banco de germoplasma se determina con base a las proyecciones de conservación *ex -insitu* de diversidad genética con fines de investigación en el tiempo.
- Buena accesibilidad para vehículos durante todo el año.
- Cercano a una fuente permanente de agua
- Cercano a poblaciones, para asegurar la disponibilidad de mano de obra.
- Considerando que el periodo útil de banco de germoplasma es mayor a 50 años, resulta imprescindible que el predio donde se establezca sea propiedad del proyecto (productor, organización o institución), (PIAF EL CEIBO, 2015).
 - Vegetación primaria (monte) o secundaria (barbecho alto).
 - Preferentemente debe ser moderadamente inclinada el suelo, para no tener problemas de encharcamiento de agua.
 - Disponibilidad de agua más cercana para riego
 - PH del suelo entre 5 a 7

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



7.2. Preparación del terreno

Es importante contar con una buena preparación del terreno, acompañado de un análisis de suelo que permita identificar previamente las características físicas, químicas y biológicas del suelo y con esto diseñar el plan fertilización (PIAF EL CEIBO, 2015).

- Destronque y limpieza del terreno a sembrar en chaco sin quema para mantener un suelo fértil sin destruir a los microorganismos eficientes del suelo.
- Picado de ramas y troncos para transitar libremente dentro la parcela
- Trazado en marco real con dimensiones de 4 m x 4 m entre plantas
- Calles entre parcelas y perimetrales de 4 m de ancho
- Trazado del terreno para siembra de banano y cacao

Figura 2. Chaqueo del terreno



7.2.1. Trazado del terreno

Fijar estacas en el terreno a una distancia de siembra 4 x 4 m, esta operación nos permite lograr:

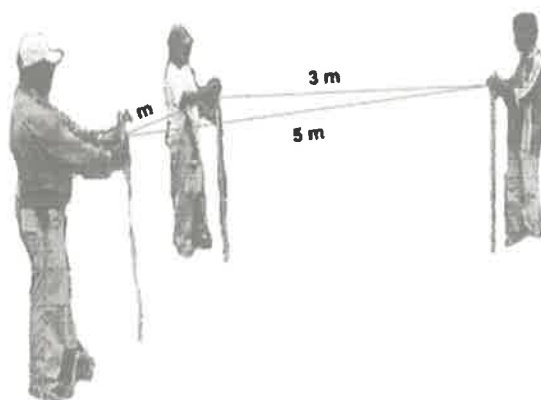
- Buena orientación de las plantaciones,
- Facilidad para realizar las labores culturales,
- Buena circulación del aire.
- Empleo de escuadra perfecta en campo (5, 4, 3 m), fijamos y prolongamos las líneas guía (3 y 4 m), marcamos sobre ellas las

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



distancias de siembra escogidas y clavamos estacas en estos puntos fijos.

Figura 3. Trazado de la parcela

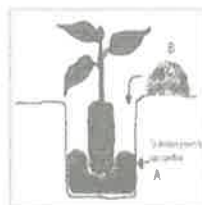


7.2.2. Apertura de hoyos

Apertura de hoyos de 30 cm de largo, 30 cm de ancho y 30 cm de profundidad. Para el llenado del hoyo se debe utilizar:

- Tierra superficial con bastante materia orgánica, en un 80%
- Estiércol 800 g (15%)
- Cal agrícola 20 g (5%)

Figura 4. Apertura de hoyos y siembra



7.2.3. Planificación antes de la siembra

Para la plantación definitiva se requiere tener en cuenta las siguientes actividades:

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

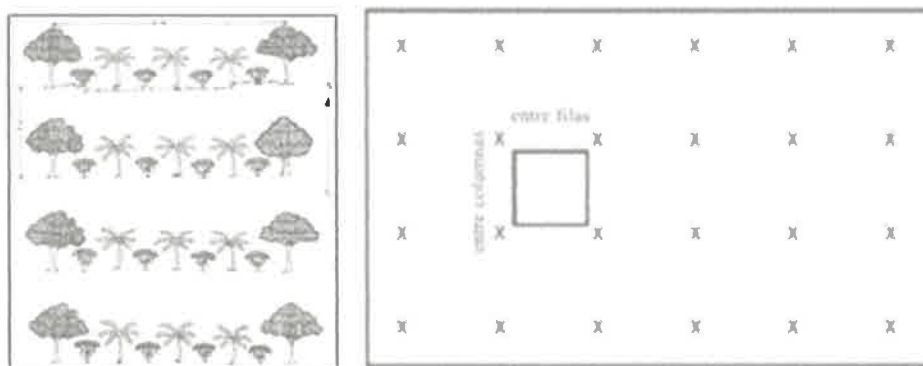


- Capacitar al personal que colaborara en plantación
- Los plantines a implementar deben ser regados antes de las siembra
- Suelo debe estar en capacidad de campo
- Las plantas deben ser bien desarrolladas, sin enfermedades y vigorosos

7.2.4. Diseño de la parcela

- Siembra en marco real (cuadrado)
- La distancia de siembra 4x4 m, lo más adecuado para las plantas para su desarrollo normal.

Figura 5. Diseño de distancia de siembra



7.2.5. Siembra de hijuelos de banano y especies forestales

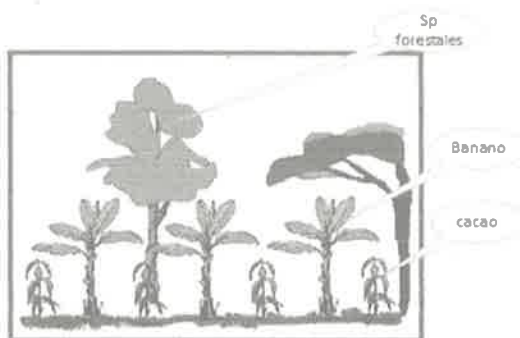
Para la asociación de especies que acompañaran en el desarrollo de las plantas de cacao, se utilizara hijuelos de plátano como sombra temporal y sombra permanente especies forestales (mara, roble y colomero), palmeras (Asai, Majo, Chima), Frutales (Achachairu, Rambutan, Sinini) a continuación:

- Siembra de hijuelos de plátano, a una distancia de 4x4 m
- Siembra de especies forestales a una distancia de 20x20 m:
- Palmeras 15 x 15 m: 15 plantas
- Frutales 10x10 m: 10 Plantas

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



Figura 6. Asociación del cultivo de cacao



7.2.6. Deshierbes de malezas

Deshierbe de malezas 3 veces por año, considerando la estación del año:

- Limpieza al borde de la planta
- Limpieza general de la parcela

Figura 6. Limpieza de malezas



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



8. MATERIALES Y METODOS

8.1. Localización

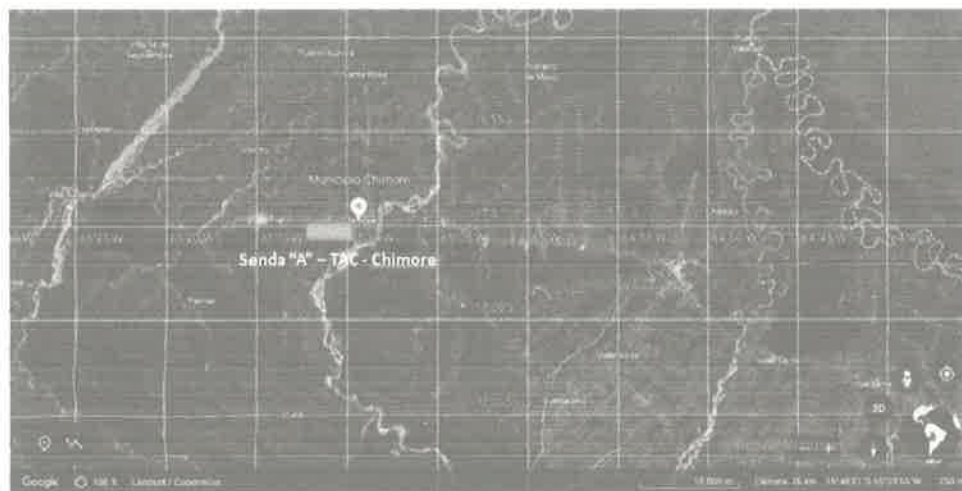
8.1.1. Ubicación geográfica

El banco de germoplasma se establecerá en Senda "A" TAC – Chimore - Cochabamba Estado Plurinacional de Bolivia, a continuación, se detalla los lugares a establecer:

El banco de germoplasma de Cacao cultivado, estará ubicado en:

Departamento:	Cochabamba,
Provincia:	Carrasco,
Municipio:	Chimore
Comunidad:	Senda "A"
Coordenadas:	X:269745 Y: 8121836
Altitud (msnm)	283

Figura 1. Mapa geográfico del banco de germoplasma cacao cultivado de Senda "A" TAC – Chimore - Cochabamba



8.2. Características edafo climáticas Trópico de Cochabamba

De manera general del trópico de Cochabamba al formar parte de dos ecorregiones: Yungas y Trópico, presenta un clima que va de cálido a templado en ciertas áreas de mayor altura sector del municipio de Villa Tunari, precipitaciones pluviales durante el año. Este último aspecto se ve influenciado por los cambios globales existentes a nivel mundial, produciéndose en el área fenómenos que generan bajas temperaturas, sequías,

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



lluvias de elevada intensidad y en ocasiones la presencia de granizadas que no son normales en estas regiones (PDMC 2008-2012).

8.3. Materiales

8.3.1. Genético

El material genético estará constituido por 48 ecotipos de cacao cultivado caracterizados y de diversidad genética.

Cuadro 1. Ecotipos de cacao colectados

VII-97	VII-98	VII-99	VII-100	VII-101	IIB-37	IIB-38	IIB-39	IIB-40	Ila-116	Ila-114	Ila-90
III-06	III-13	III-17	III-A	III-03	V-01	V-02	V-03	CTV-10	CTV-11	CTV-12	CTV-13
IV-19	VI-08	IV-45	IV-46	IV-47	IV-51	IV-52	IV-53	IV-41	VI-10	VI-11	VI-12
CCN-51	PA-121	ICS-6	ICS-60	UF-668	TSH-565	TSH-1095	EET-95	IMC-67	POUND-7	Playa Alta	TSA-644

8.3.2. Campo

- Motosegadora
- Motosierra
- Machete
- Cinta métrica de 50 m
- Cámara fotográfica
- Vehículo
- Estacas de 1m
- Cavadora boca de lobo
- Hilo (cáñamo)
- Carretilla
- Gasolina

8.3.3. Gabinete

- Tablero
- Bolígrafos
- Papel bond
- Computadora

8.4. Metodología

La metodología utilizada será en base al protocolo de establecimiento y manejo de bancos de germoplasma de Senda "A" TAC – Chimore – Cochabamba. A continuación se describen los siguientes pasos para la instalación del banco de germoplasma de cacao:

Paso 1. Ubicación del terreno: Se debe ubicar el terreno adecuado para la instalación de la parcela del banco de germoplasma.

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"





Paso 2. Chaqueo o limpieza de maleza: Para esta actividad es imprescindible cortar todas las malezas, arbustos pequeños para que en la chaqueo no perjudiquen.

Paso 3. Chaqueo y/o tumbado de árboles: Esta actividad se realiza una vez concluido la limpieza de las malezas pequeñas y cortar todos los arboles con una motosierra.

Paso 4. Picado de ramas de árboles: Esta actividad se realiza una vez cortado los árboles y se inicia con el picado de las ramas y troncos sobresalientes. Debemos dejar aplanado todo el predio para caminar sin dificultad durante otras actividades posteriores-

Paso 5. Trazado o alineado: Durante esta actividad realizamos el trazado de 4x4 m para la plantación de banano o Platano y cacao Necesitamos cortar estacas de 1 m de largo para colocar en los puntos establecidos.

Paso 6. Ahoyado para banano o Platano y cacao: establecer hoyos de 30x30 cm. Para banano, 20x30 cm para cacao para esta actividad se utiliza cavadora de boca de lobo o pala plana.

Paso 7. Abonado y encalado: Antes de la siembra se incorpora abono (estiércol de animal) en una cantidad de 500 g y encado (cal agrícola) en una cantidad de 20 g.

Paso 8. Traslado de plantas de vivero a banco de germoplasma: Antes del traslado se debe realizar el riego correspondiente antes de trasladar las plantas a campo y tener cuidado en el manejo.

Paso 9. Siembra de plantas de banano: Se realiza la siembra de banano antes que las plantas de cacao.

Paso 10. Siembra de plantas de cacao: La siembra se realiza de acuerdo al croquis y diseño por cada ecotipo de cacao. Para esta actividad cortar el plástico de la maceta con cuidado y depositar en el hoyo mezclando con tierra y abono. Tapara toda la masa de la maceta y compactar para no tener problemas de perdida.

Paso 11. Sombra temporal: Debemos colocar sombra temporal para proteger a las plantas establecidas en campo.

Paso 12. Siembra de especies forestales y frutales: Posterior al establecimiento de cacao debemos realizar la siembra de árboles forestales como sombra permanente, se realiza a los 3 meses de haberse realizado la siembra.

Paso 13. Colocado de cintas visibles: Posterior a la siembra se realiza el colocado de cinta visible para identificar a la planta durante los deshierbes.

Paso 14. Deshierbes: Los deshierbes se realizan cada cuando se necesita de acuerdo al crecimiento de la maleza.

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



Paso 15. Control fitosanitario: Durante el desarrollo de las plantas de cacao se debe realizar el control fitosanitario de (escoba de bruja, gusano anillador).

Paso 16. Poda: A los un año de crecimiento se realiza la primera poda de formación de las plantas de cacao, con el fin de levantar la copa y tenga un desarrollo adecuado.

8.4.1. Croquis del banco de germoplasma

Datos del banco de germoplasma es lo siguiente:

- Superficie 10.000 m²
- Ecotipos 48
- Numero de bloques 4
- Número de plantas por fila 10
- Pasillos 2



"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"

Cuadro 2. Croquis banco de germoplasma de Senda “A” TAC – Chimore - Cochabamba

[illegible]

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



9. CRONOGRAMA

Cuadro 3. Actividades del banco de germoplasma de Senda "A" TAC – Chimore - Cochabamba

Actividad	Meses del año											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ubicación del terreno												
Chaqueo y limpieza de terreno												
Tumbado de arboles												
Picado de ramas y troncos												
Trazado o alineado												
Ahoyado banano y cacao												
Abonado y encalado												
Siembra de plantas banano												
Siembra de plantas de cacao												
Sombra temporal												
Siembra de especies forestales												
Colocado de cintas												
Deshierbes												
Control fitosanitario												
Poda												

Fuente: Elaboración propia 2023

10. PRESUPUESTO

Tabla 4. Presupuesto establecimiento del banco de germoplasma

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total (Bs)
Ubicación del terreno	1	Global	0	0
Roseado y tala de bosque	1	Global	2500	2500
Trazado	1	Global	900	900
Apertura de hoyos	1	Global	1200	1200
Compra de plantas de cacao vivero	380	Global	6	2280
Siembra de plantas de cacao	380	Global	2	760
Compra de hijuelos Platano	380	Global	5	1900
Siembra de hijuelos de banano y sp forestales	380	Global	2	760
Labores culturales	3	Global	500	1500
Plaqueteado y codificación	1	Global	200	200
Total				12000

"2023 AÑO DE LA JUVENTUD HACIA EL BICENTENARIO"



11. RESULTADOS ESPERADOS

Con la presente propuesta de Plan de establecimiento de banco de germoplasma de cacao cultivado en Senda "A" TAC – Chimore - Cochabamba, se establecerá 48 ecotipos de cacao con variabilidad diferente y posterior realizar la caracterización morfológica y polinización cruzada para obtener nuevos genotipos híbridos.

12. BIBLIOGRAFÍA

BATISTA, L. (2006). *Descripción de Cultivares de Cacao*. Centro de Producción Genética de Plantas y Semillas. Bonao.

Estivarez, 2020, *Criterios de Selección para Plantas Elites de cacao nacional boliviano (Theobroma cacao L.), en la Estación Experimental de Sapecho, Alto Beni, Bolivia. Pag.*

Estrada 2011. *El cultivo de cacao en el trópico de Cochabamba. Serie Protocolos. Cochabamba, Bolivia. pp 5 – 24.*

FAO, 2014. Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma – Italia.

Jaramillo S. y Baena M. 2000. *Conservación exsitu de recursos fitogenéticos. Instituto internacional de recursos genéticos (IPGRI). Cali Colombia. P. 128.*

July, W. (2007). *Caracterización morfológica y molecular del cacao nacional boliviano y de selecciones elites del Alto Beni, Bolivia. CATIE, 101 p.*

Mejia, L.; Arguello, O. (2000) *Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao*, Bucaramanga, pp. 67 – 62.

PDMPC (2008-2012). *Plan de desarrollo municipal de Chimore 1-300.*

PIAF-EL CEIBO (2015). *Manual del manejo de cacao orgánico. Experiencias de la región del Alto Beni, Bolivia, pp. 3 – 87.*

QUISPE, 2010. *El cultivo de cacao en sistemas agroforestales locales. Primera Edición. La Paz, Bolivia. pp 7 – 11.*

Ruiz, 2014. *Diversidad genética de cacao Theobroma cacao L. con marcadores Moleculares Microsatélites. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Posgrados Palmira - Colombia.*

