

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“OBTENCIÓN DE DOS POBLACIONES MEJORADAS DE SACHA INCHI
(*Plukenetia volubilis* L.), CON RESISTENCIA A *Meloidogyne incognita*
MEDIANTE SELECCIÓN MASAL ESTRATIFICADA A PARTIR DE DOS
ACCESIONES PROMISORIAS EN LA REGIÓN SAN MARTÍN”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CARLOS ALFREDO SABOYA CHÁVEZ

TARAPOTO - PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

“OBTENCIÓN DE DOS POBLACIONES MEJORADAS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.), CON RESISTENCIA A *Meloidogyne incognita* MEDIANTE SELECCIÓN MASAL ESTRATIFICADA A PARTIR DE DOS ACCESIONES PROMISORIAS EN LA REGIÓN SAN MARTÍN”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CARLOS ALFREDO SABOYA CHÁVEZ

TARAPOTO – PERÚ
2015

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS

**“OBTENCIÓN DE DOS POBLACIONES MEJORADAS DE SACHA INCHI
(*Plukenetia volubilis* L.), CON RESISTENCIA A *Meloidogyne incognita*
MEDIANTE SELECCIÓN MASAL ESTRATIFICADA A PARTIR DE DOS
ACCESIONES PROMISORIAS EN LA REGIÓN SAN MARTÍN”**

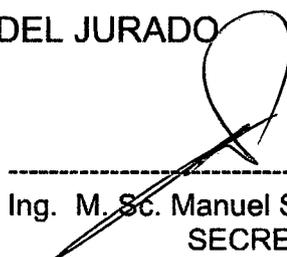
PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CARLOS ALFREDO SABOYA CHÁVEZ

MIEMBROS DEL JURADO



Dr. Winston Franz Ríos Ruíz
PRESIDENTE



Ing. M. Sc. Manuel Santiago Doria Bolaños
SECRETARIO



Ing. María Emilia Ruíz Sánchez
MIEMBRO



Ing. Eybis José Flores García
ASESOR

TARAPOTO – PERÚ
2015

DEDICATORIA

*Las palabras que pueda expresar quedan cortas por
qué mi gratitud para DIOS, mi familia y en especial a mi
Madre NORITH CHÁVEZ GARCIA, es infinito por que nunca
desmayo, puso todo sus fuerzas para salir a delante, por ese día a día de
constancia y mucho sacrificio por alcanzar sus objetivos, para poder brindarme
lo mejor de su esfuerzo. Gracias madre por darme el regalo más grande de este mundo
"mi educación, mi carrera para mi futuro, gracias por ser ejemplo de admiración y superación,
por creer en mí en todo momento, nunca los defraudaré. Este trabajo que me llevó casi dos años
realizarlo es para ustedes con mucho amor. Sin olvidar a mis hermanos María, Marco, Patricia,
Junior, Daniel y Gabriel con quienes compartí los mejores años de mi infancia, siempre estarán
en mi corazón.*

CARLOS ALFREDO SABOYA CHÁVEZ

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, salud, fuerzas y sobre todo por permitir cumplir este objetivo, regalarme una familia y una Madre maravillosa, gracias por hacer posible el cumplimiento de todas mis metas.

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), en especial al área de Proboques, Laboratorio de Fitopatología, por brindarme la oportunidad de poder realizar la tesis de pregrado.

Al Ing. Kadir John Márquez Dávila; Jefe del laboratorio de Fitopatología e investigador del (IIAP), por el asesoramiento de este trabajo de investigación, gracias por compartir sus conocimientos, tiempo, dedicación y su amistad, para poder lograr el cumplimiento este objetivo.

Al Blog. Reynaldo Solís Leyva, investigador del (IIAP), por su dedicación, compartir sus conocimientos, su amistad de principio a fin de este proyecto y recomendaciones en la redacción de éste trabajo de investigación.

Al Ing. Eybis José Flores García por el asesoramiento en el presente trabajo de investigación.

A mis amigos del IIAP – San Martín: Jean Marlon, Lucas, Claudia, Samy, Anthony, Cristian Ávila, Max Jonathan, Susy, Abner; a todos ellos gracias, por formar una familia muy especial de trabajo, por compartir sus conocimientos, y sobre todo por brindarme su más sincera amistad, nunca los olvidaré.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Origen y distribución geográfica	4
3.2. Aspectos botánicos del Sacha Inchi	4
3.3. Morfología general	5
3.4. Condiciones edafoclimáticas para el cultivo de Sacha Inchi	7
3.5. Fisiología	8
3.6. Nematodos Fitoparásitos	9
3.7. Mejoramiento genético	15
3.8. Selección masal	17
IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA	23
4.1. Materiales	23
4.1.1. Material biológico	23
4.2. Metodología	23
4.2.1. Ubicación del experimento	23
4.2.2. Metodología experimental	24
4.2.2.1. Tratamientos en estudio	24
4.2.2.2. Diseño experimental	25
4.2.3. Selección negativa	27
4.2.4. Rendimiento	27

4.2.5. Tolerancia al nematodo del nudo	29
4.2.6. Ejecución del experimento	31
4.2.6.1. Producción de plantones	31
4.2.6.2. Preparación del terreno	33
4.2.6.3. Instalación del sistema de tutoraje	33
4.2.6.4. Siembra en campo definitivo	34
4.2.6.5. Manejo agronómico	35
4.2.7. Variables evaluadas	37
4.2.7.1. Selección mejorada por rendimiento	37
4.2.7.2. Ensayo de tolerancia al nematodo del nudo	42
V. RESULTADOS	49
5.1. Selección negativa en las dos accesiones	49
5.2. Plantas muertas por selección negativa	52
5.3. Fenología de las dos accesiones en estudio	53
5.4. Selección de poblaciones mejoradas por rendimiento	60
5.5. Ensayo de tolerancia al nematodo del nudo	74
VI. DISCUSIONES	79
6.1. Selección negativa	79
6.2. Fenología de las dos accesiones en estudio	79
6.3. Selección de poblaciones mejoradas por rendimiento	80
6.3.1. Selección de poblaciones mejoradas - accesión Shica	80
6.3.2. Selección de poblaciones mejoradas - accesión Mishquiyacu	82
6.3.3. Características de las accesiones estudiadas	84

6.4. Ensayo de tolerancia al nematodo del nudo	85
6.4.1. Número de nódulos en la accesión Shica	85
6.4.2. Longitud de raíces en la accesión Shica	86
6.4.3. Número de nódulos en la accesión Mishquiyacu	87
6.4.4. Longitud de raíces en la accesión Mishquiyacu	89
VII. CONCLUSIONES	90
VIII. RECOMENDACIONES	92
IX. BIBLIOGRAFÍA	94

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Características agronómicas sobresalientes de las dos Accesiones en estudio.	25
Cuadro 2: Escala para determinar el vigor de plantas de sachá inchi.	27
Cuadro 3: Grado de correlación (Coeficiente de Pearson)	28
Cuadro 4: ANVA en un DCA - Accesoión Shica	29
Cuadro 5: ANVA en un DCA - Accesoión Mishquiyacu	30
Cuadro 6: Colecta de huevos de <i>Meloidogyne incognita</i> – primer conteo	47
Cuadro 7: Colecta de huevos de <i>Meloidogyne incognita</i> – segundo conteo	47
Cuadro 8: Total de plantas no adaptadas en porcentaje, por accesoión.	49
Cuadro 9: Intensidad de selección en las dos parcela de investigación.	51
Cuadro 10: Código de plantas MSN en las accesiones Shica y Misquiyacu	52
Cuadro 11: Inicio de floración en las dos accesiones	53
Cuadro 12: Máxima floración en las dos accesiones	54
Cuadro 13: Inicio y máxima fructificación en las dos accesiones	55
Cuadro 14: Periodo de maduración en las dos accesiones	56
Cuadro 15: Plantas seleccionadas por rendimiento en el primer ciclo de selección masal estratificada de la accesoión Shica	66
Cuadro 16: Correlaciones entre el rendimiento y el resto de variables cuantitativas en el primer ciclo de selección masal estratificada de la accesoión Shica empleando el coeficiente de Pearson	66
Cuadro 17: Plantas seleccionadas por rendimiento en el primer ciclo de selección masal estratificada de la accesoión Mishquiyacu	72
Cuadro 18: Correlaciones entre el rendimiento y el resto de variables cuantitativas en el primer ciclo de selección masal estratificada de la accesoión Mishquiyacu empleando el coeficiente de Pearson	73

Cuadro 19: Características agronómicas sobresalientes en el primer ciclo de selección masal en las dos accesiones en estudio	74
Cuadro 20: Análisis de varianza para el número de nódulos – Shica	74
Cuadro 21: Análisis de varianza para longitud de raíces – Shica	75
Cuadro 22: Análisis de varianza para el número de nódulo – Mishquiyacu	76
Cuadro 23: Análisis de varianza para longitud de raíces –Mishquiyacu	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Muestreo del suelo que permiten diagnosticar nematodos	12
Figura 2: Representación de Selección masal estratificada	22
Figura 3: Croquis de las parcelas experimentales ubicadas en Lamas	26
Figura 4: Semillas de la accesión Shica	31
Figura 5: Semillas de la accesión Mishquiyacu	31
Figura 6: Plántulas de la Accesión Shica	32
Figura 7: Plántulas de la Accesión Mishquiyacu	32
Figura 8: Preparación de terreno	33
Figura 9: Parcela cultivada	33
Figura 10: Siembra de plántones	35
Figura 11: Plantas en la accesión Shica	37
Figura 12: Plantas en la accesión Mishquiyacu	37
Figura 13: Peso de semillas	39
Figura 14: Peso de cascara	40
Figura 15: Cápsulas en el secador solar	41
Figura 16: Capas de una cámara de Sub-irrigación	43

Figura 17: Siembra de estacas de Sacha inchi en cámaras de sub-irrigación	43
Figura 18: Obtención de inóculo de <i>Meloidogyne incognita</i>	45
Figura 19: Infestación de plantas con <i>Meloidogyne incognita</i>	46
Figura 20: Cuantificación de nódulos y medición de raíces	48
Figura 21: Porcentaje de vigor en la accesión Shica	50
Figura 22: Porcentaje de vigor en la accesión Mishquiyacu	50
Figura 23: Fruto en periodo de maduración	56
Figura 24: Fruto en periodo de cosecha	57
Figura 25: Desarrollo fenológico de la accesión Shica	58
Figura 26: Desarrollo fenológico de la accesión Mishquiyacu	59
Figura 27: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Número de cápsulas, accesión Shica	61
Figura 28: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso total de cápsulas, accesión Shica	61
Figura 29: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Diámetro de cápsulas, accesión Shica	62
Figura 30: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Número de semillas por capsula, accesión Shica	62
Figura 31: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de semillas, accesión Shica	63
Figura 32: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de cascara, accesión Shica	63
Figura 33: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Diámetro de semillas, accesión Shica	64
Figura 34: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de 100 semillas, accesión Shica	64
Figura 35: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable	

Rendimiento por planta, accesión Shica	65
Figura 36: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Rendimiento por hectárea, accesión Shica	65
Figura 37: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Número de cápsulas, accesión Misquiyacu	67
Figura 38: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso total de cápsulas, accesión Misquiyacu	68
Figura 39: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Diámetro de cápsulas, accesión Misquiyacu	68
Figura 40: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Número de semillas por cápsula, accesión Misquiyacu	69
Figura 41: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de semillas, accesión Misquiyacu	69
Figura 42: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de cascara, accesión Misquiyacu	70
Figura 43: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Diámetro de semillas, accesión Misquiyacu	70
Figura 44: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de 100 semillas, accesión Misquiyacu	71
Figura 45: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Rendimiento por planta, accesión Mishquiyacu	71
Figura 46: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Rendimiento por hectárea, accesión Mishquiyacu	72
Figura 47: Prueba de Duncan ($p < 0,05$) para número de nódulos en la accesión shica.	75
Figura 48: Prueba de Duncan ($p < 0,05$) para longitud de raíces en la accesión shica.	76
Figura 49: Prueba de Duncan ($p < 0,05$) para número de nódulos en la accesión Mishquiyacu.	77
Figura 50: Prueba de Duncan ($p < 0,05$) para longitud de raíces en la accesión Mishquiyacu.	78

I. INTRODUCCIÓN

El sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), es una oleaginosa de la familia Euphorbiaceae que comúnmente se conoce como maní del monte, sachá maní o maní del inca (Manco, 2004). Presenta niveles elevados de proteínas, vitamina E y ácidos grasos insaturados (Hamaker, Valles, Gilman, Castro, Valdivia y Rodríguez, 1992; Guillén, Ruiz, Cabo, Chirinos y Pascual, 2003; Merino, Sotero, Del Castillo, Vásquez, Cachique, y Vásquez-Ocmín, 2008; Gutierrez, Rosada y Jiménez, 2011), por lo que se considera un aceite de bajo contenido en colesterol y beneficioso para la salud humana. El establecimiento de plantaciones de sachá inchi genera un impacto ambiental positivo ya que se puede instalar en áreas intervenidas y degradadas empleando tutores vivos y asociado con leguminosas que revitalizan los suelos degradados.

Las accesiones de sachá inchi cultivadas son susceptibles al nematodo de nudo (*Meloidogyne incognita*) y los daños ocasionados influye negativamente en la producción, siendo una amenaza para el ingreso económico del poblador amazónico.

El programa de Sistemas de Producción de Sachá Inchi del IIAP – San Martín, considerando esta problemática, busca desarrollar la primera variedad comercial para la región San Martín y, para lograrlo ha venido realizando diferentes trabajos de investigación en mejoramiento genético y propagación vegetativa de genotipos superiores, obtención de líneas puras (Cachique, 2007), hibridación intraespecífica (Noriega, 2009), caracterización química de ácidos grasos presentes en las semillas

(Merino-Zegarra et al., 2008), caracterización genética molecular (Corazón-Guivin, Castro-Ruiz, Chota-Macuyama y Rodríguez, 2009; Rodríguez, Corazón-Guivin, Cachique, Mejía, Del Castillo, Renno y García-Dávila, 2010), propagación por enraizamiento de estacas juveniles (Ruiz-Solsol y Mesén, 2010; Cachique, Rodríguez, Ruiz-Solsol, Vallejos y Solis, 2011), cultivo in vitro (Guerrero, 2007), entre otros.

II. OBJETIVOS

2.1. General

- Obtener dos poblaciones mejoradas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*. L), a través de un primer ciclo de selección masal estratificada.

2.2. Específicos

- Seleccionar plantas de alto rendimiento en dos accesiones de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*. L).
- Determinar la tolerancia y/o resistencia a *Meloidogyne incognita* en plantas seleccionadas de dos accesiones de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*. L).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El género *Plukenetia* comprende 21 especies de distribución tropical: 13 están presentes en el Neotrópico, 7 en África y Madagascar y 1 en Asia (**Bussman, Tellez, y Glenn, 2009; Bussman, Paniagua y Tellez, 2013; Gillespie, 2007**).

Plukenetia volubilis está distribuido desde América Central hasta Bolivia, en el Perú este cultivo crece en estado silvestre en los departamentos de San Martín, Ucayali, Amazonas, Madre de Dios, Junín y Loreto. En San Martín se encuentra en toda la cuenca del Huallaga, en la Provincia de Lamas, en el valle del Sisa, en Alto Mayo, Bajo Mayo hasta Yurimaguas (**Manco, 2004**).

3.2. ASPECTOS BOTÁNICOS DEL SACHA INCHI

3.2.1. Clasificación botánica

La clasificación según (**ITIS, 2014**), es la siguiente:

Reino : Plantae

División : Tracheophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Malpighiales

Familia : Euphorbiaceae

Género : *Plukenetia*

Especie : *volubilis* Linneo.

Nombre científico : *Plukenetia volubilis* L.

Nombre común : Sacha Inchi, Maní del Monte.

3.3. MORFOLOGÍA GENERAL

3.3.1. Planta

Es una liana trepadora, enredadera, voluble, semileñosa, de crecimiento rápido e indeterminado; el eje principal alcanza la altura del soporte o tutor vivo y puede crecer más de 10 metros de largo (Manco, 2003).

3.3.2. Hojas

Son alternas, de color verde oscuro, oval - elípticas, aseruladas y pinnitinervias, de 9 – 16 cm de largo y 6 – 10 cm. ancho. El ápice es puntiagudo y la base es plana o semi-arriñonada (Manco, 2004).

3.3.3. Flores

Es una planta hermafrodita, con flores masculinas estaminadas y femeninas pistiladas; las primeras son pequeñas, blanquecinas, dispuestas en racimos, mientras que las otras se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores **(Arévalo, 1995)**.

3.3.4. Frutos

El fruto es una cápsula, de 3,5 a 4,5 cm. de diámetro, con 4 lóculos aristados (tetralobados), dentro de los cuales se encuentran 4 semillas. Excepcionalmente, algunos ecotipos presentan cápsulas con 5 a 7 lóculos **(Manco, 2003)**.

3.3.5. Semilla

Es ovalada, de color marrón oscuro, ligeramente abultada en el centro y aplastadas hacia el borde. Según los ecotipos, el diámetro fluctúa entre 1,3 y 2,1 cm **(Manco, 2004)**

3.4. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS PARA EL CULTIVO DE SACHA INCHI

El sachá inchi crece y tiene buen comportamiento a diversas temperaturas siendo el óptimo entre 22 a 32 °C. Las temperaturas muy altas son desfavorables y ocasionan la caída de flores y frutos pequeños, principalmente los recién formados **(Arévalo, 1995)**. Se desarrolla desde los 100 m.s.n.m en la Selva Baja y 2 000 m.s.n.m en la Selva Alta **(Manco, 2003)**. A bajas intensidades de luz, la planta necesita de mayor número de días para completar su ciclo vegetativo; cuando la sombra es muy intensa la floración disminuye y por lo tanto la producción es menor **(Manco, 2003)**. Requiere de disponibilidad permanente de agua, para tener un crecimiento sostenido; siendo mejor si las lluvias se distribuyen en forma uniforme durante los 12 meses del año (850 a 1 000 mm); **(Arévalo, 1995)**.

Es un cultivo que se adapta a diferentes tipos de suelo, crece en suelos ácidos y con alta concentración de aluminio. Prospera en "Shapumbales" (*Pteridium aquilinum*), secos y húmedos y en "cashucshales" (*Imperata brasiliensis*) **(Arévalo, 1995)**. Se debe establecer la plantación en suelos de preferencia planos ondulados con buen drenaje, y en zonas de selva alta, también en laderas con hasta 30 % de pendiente **(Manco, 2003)**.

3.5. FISIOLOGÍA

3.5.1. Crecimiento vegetativo

La planta del sachá Inchi da frutos comestibles y oleaginosos, es trepadora, de abundantes hojas y ramas, alcanza la altura de la planta soporte, por lo tanto no es recomendable que ésta tenga una altura mayor de 2 m para facilitar la cosecha. Si existe suficiente humedad, la emergencia se inicia aproximadamente a las dos semanas de realizada la siembra. Una semana después, aparece la segunda hoja verdadera y el tallo guía **(Arévalo, 1995)**.

3.5.2. Floración

La floración, se inicia aproximadamente a los 3 meses de la siembra, luego de haber realizado el trasplante, apareciendo primero los primordios florales masculinos e inmediatamente los femeninos, en un periodo de 7 a 19 días **(Arévalo, 1995)**.

3.5.3. Fructificación

Inmediatamente después de la floración se inicia la formación de los frutos completando su desarrollo a los 4 meses después de la floración. Luego se inicia la maduración propiamente dicha de los frutos, cuando éstos, de color

verde empiezan a tornarse de color negruzco, que finalmente se convierte en marrón oscuro o negro cenizo; indicador que está listo para la cosecha. Este proceso de maduración del fruto dura aproximadamente de 15 a 20 días, iniciándose la cosecha a los 7,5 meses después de la siembra y/o trasplante, con una producción continua (Arévalo, 1995).

3.6. NEMATODOS FITOPARÁSITOS

3.6.1. Características Generales

Los nematodos o gusanos redondeados son organismos generalmente microscópicos, no segmentados, bilateralmente simétricos, incoloros y cilíndricos en su sección transversal. La forma típica del cuerpo es fusiforme. Un grupo de especies presenta dimorfismo sexual marcado, donde la hembra adulta se modifica y puede observarse en forma de limón, pera, riñón entre otras; y se convierte en parásito sedentario. Los machos sin embargo, mantienen la forma de anguila y una movilidad común en la mayoría de las especies. Usualmente son más pequeños que las hembras (Hernández, 2003).

Los nematodos parásitos de plantas o fitonemátodos tienen una longitud entre 0,5 y 6,5 mm. El cuerpo está cubierto con una cutícula que puede ser lisa o estar marcada. Las marcas pueden ser puntuaciones. También se

observan estrías transversales o longitudinales. Debajo de la cutícula se encuentra la hipodermis, una capa epitelial que se forma a partir de la misma cutícula, y una capa muscular que les permite el movimiento ondulatorio a los nematodos **(Hernández, 2003)**.

Estos organismos disponen de sistemas digestivo, reproductivo, nervioso y excretor. El sistema digestivo comienza con la boca. Ciertos grupos de fitonemátodos tienen en la cavidad bucal un estilete que le sirve para punzar y perforar las células vegetales de las cuales se alimentan **(Hernández, 2003)**.

Esta estructura es hueca y permite realizar el primer paso de alimentación. A continuación le sigue el esófago que está conectado con el intestino y termina en el ano. En la mayoría de los nematodos, la reproducción es sexual después de la copulación con la fertilización del huevo por el espermatozoide del macho **(Hernández, 2003)**.

3.6.2. Clasificación Taxonómica

Los nematodos fitoparásitos pertenecen al Phylum Nemata (o Nematoda) y una gran parte se encuentra en la clase Secernentea, que se distingue porque sus ejemplares presentan dos canales embebidos en los cordones

laterales de la hipodermis a lo largo de su cuerpo y terminan en un poro excretor localizado ventralmente (**Chitwood, 1999** y **Hernández, 2003**).

3.6.3. Síntomas Generales y Daños que Causan en las Plantas

Los síntomas producidos por el ataque de nematodos pueden ser confundidos con los causados por el ataque de cochinilla y otros parásitos (**Valiente, 1997; Hernández, 2003**).

En general, las plantas atacadas por nematodos fitoparásitos, muestran clorosis marcada en las hojas que frecuentemente se torna en una coloración rojiza, hojas pequeñas y estrechas, muerte regresiva del follaje, enanismo, pérdida del ápice de las raíces y atrofia general de las mismas. Además, como consecuencia la disminución en la eficiencia de la absorción de nutrientes y la concentración de elementos minerales (**Py, 1969; Roman, 1978; Lacoevilhe & Guérout, 1976; Caswell, de Frank y Apt W Tang, 1990; Gratacós, 1991; Costa et al., 1998; Suárez & Rosales, 1998**).

Los nematodos ectoparásitos como *Tylenchorhynchus*, *Helicotylenchus* y *Xiphinema* permanecen fuera del hospedero mientras se alimentan de sus células internas. Con el estilete penetran; después de un período de alimentación, retraen el estilete y repiten el proceso. Los nematodos endoparásitos incluyendo *Meloidogyne* y *Pratylenchus* penetran la planta y

migran hacia la raíz donde se alimentan y completan su ciclo de vida. Los nematodos endoparásitos destruyen el tejido interno durante su migración y durante su alimentación están en contacto con el sistema vascular. Además el ataque de nematodos provocan heridas que permiten la entrada de bacterias y hongos patógenos, lo cual crea infecciones secundarias (Gilchrist, 2005).

3.6.4. Técnicas de muestreo para nematodos fitoparásitos

Los géneros tienen características morfológicas que los distinguen, todas las especies patógenas poseen estilete, que permite al nematodo penetrar las plantas para obtener los nutrientes que requiere. El estilete está ausente en los nematodos saprófitos. Una característica importante que distingue a los nematodos fitoparásitos, es la presencia del estilete (Gilchrist, 2005).

(Gilchrist, 2005), hace mención sobre las rutas que se debe tomar para realizar muestreos en nematodos.

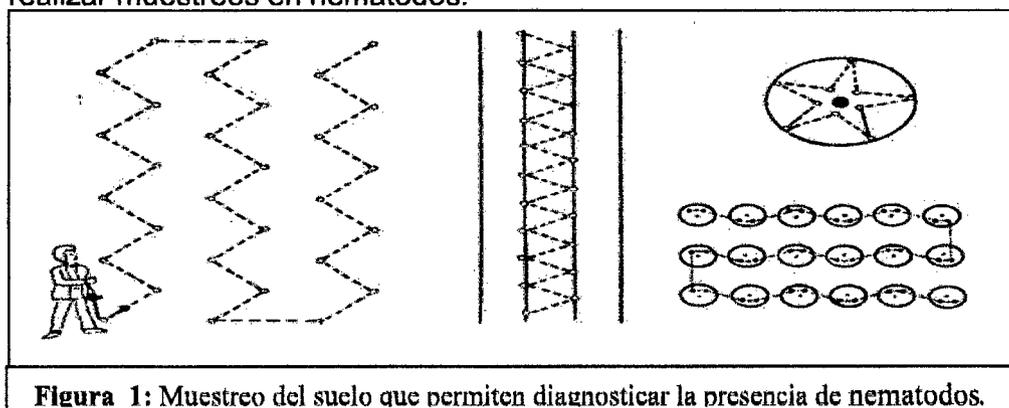


Figura 1: Muestreo del suelo que permiten diagnosticar la presencia de nematodos.

3.6.5. Métodos para extraer nematodos de suelo y tejido vegetal

En el caso de *Heterodera* o *Meloidogyne*, pueden observarse directamente hembras enquistadas en las raíces o en agallas; en los géneros restantes, los nematodos deben ser extraídos del suelo o de raíces. La técnica más conocida y sencilla para extraer nematodos del suelo es con embudo de Baermann., iniciándose con la suspensión de la muestra de suelo en agua y pasarla a través de mallas y luego los nematodos y los residuos que se tiene deben ser colocados en un embudo de Baermann o extraerse utilizando la técnica de flotación de azúcar (Gilchrist, 2005).

3.6.6. *Meloidogyne incognita*

Meloidogyne incognita es considerado el nematodo de mayor importancia en el mundo debido a las grandes pérdidas que puede ocasionar al afectar las raíces de numerosos hospedantes con que cuenta (Hortalizas, Frutales, Leguminosas; etc.). Este nematodo produce nódulos en las raíces, atrofiándolas e interfiriendo con su buen funcionamiento. En la parte aérea se puede apreciar amarillamiento, marchites y crecimiento retardado (Torres, 2003). Las plantas infestadas por *Meloidogyne spp.*, muestran enfermedades radiculares, disminuyendo el volumen de agua disponible para la planta, mostrando desarrollo deficiente, menor cantidad de hojas, los frutos y las inflorescencias se atrofian reduciendo la producción (Agrios,

2005; Talavera, 2003). La infección de las raíces produce engrosamientos característicos o agallas que pueden ser de varios tamaños dependiendo del número de hembras que albergue **(Talavera, 2003)**. Cuando las plantas susceptibles son infectadas en la etapa de plántula, las pérdidas son considerables y pueden dar lugar a la destrucción total del cultivo. Las infecciones que sufren las plantas adultas pueden tener solo efectos ligeros o pueden disminuir en forma considerable la producción.

Cuando los juveniles entran a las raíces y a otras estructuras subterráneas, producen lesiones mecánicas muy leves, excepto cuando gran número penetra en un espacio limitado (Invasión masiva). La mayor parte de los efectos sobre los tejidos circunvecinos se produce por la secreción inyectada a través del estilete de la larva mientras ésta se alimenta.

3.6.7. Métodos de control

Existen diversos métodos de control nematológico alternativos, desde los tradicionales como el barbecho o la rotación de cultivos, hasta los más novedosos como resistencia incorporada mediante Biología Molecular. Todos ellos tienen ventajas e inconvenientes y ninguna estrategia por sí sola, parece ser satisfactoriamente efectiva, por lo que el acercamiento más productivo al control nematológico debería involucrar la integración de

varios métodos, como Prevención, Medidas Culturales, Resistencia y Control Biológico (Talavera, 2003).

3.7. MEJORAMIENTO GENÉTICO

3.7.1. Mejoramiento genético de plantas

En los programas de mejoramiento de especies de interés agrícola es necesario contar con amplia base genética que garantice suficiente variabilidad para tener probabilidades de seleccionar los genotipos. Esencialmente este programa consiste en tres fases: Generación de la variabilidad genética, selección de genotipos y evaluación de los genotipos seleccionados con caracteres agronómicos ideales. Adicionalmente, se requiere un sistema que involucre herramientas complementarias al sistema de mejora convencional, buscando el aprovechamiento adecuado de la variabilidad genética que se cuenta. En este grupo de herramientas se encuentran el cultivo de tejidos *in vitro*, la inducción de mutaciones y la transformación genética (Novak y Brunner, 1992).

3.7.2. Variabilidad Genética

La variabilidad genética, se refiere a la variación hereditaria dentro y entre poblaciones de organismos, cuya base está en los cromosomas (ADN) y

puede ser manipulada por la tecnología tradicional y moderna (**Corazón-Guivin, Rodríguez, Cachique, Chota, Vásquez, Del Castillo, Renno y García-Dávila, 2008**).

3.7.3. Mejoramiento genético del Sacha inchi

Las investigaciones del cultivo de sachá inchi o maní del monte se inician en 1988 por el Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología, de la Estación Experimental "El Porvenir" (INIA), en la línea de mejoramiento genético, con la recolección y evaluación de ecotipos de sachá inchi.

El germoplasma básico de sachá inchi con que cuenta la estación experimental El Porvenir, está constituido por 52 accesiones recolectadas en diferentes zonas agroecológicas de San Martín y la región Amazonas, en el Perú, incluyendo localidades del trapecio amazónico y tramos fronterizos con Brasil y Colombia. Debido a la alta variabilidad genética de este material, se han seleccionado los ecotipos: Pinto Recodo, Tambo Yaguas, Muyuy y Río Putumayo, que alcanzaron los más altos rendimientos de semilla en el primer año de evaluación, con tutores vivos, podas agresivas y bajo condiciones de suelos y clima no muy adecuados para el cultivo (**Arévalo, 1995**).

Así mismo el instituto de investigaciones de la amazonia peruana (IIAP), a través de proyectos de investigación en mejoramiento viene trabajando con el objetivo de generar nuevas tecnologías en temas como variabilidad genética en poblaciones naturales de Sacha inchi (**Corazón, 2009**), tolerancia a nematodos (**Márquez, Cayotopa, Arévalo, Vivanco y Arévalo, 2007**), propagación vegetativa (**Cachique et al., 2011**), Conservación de semillas (**García, 2014**), biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo de Sacha inchi (**Díaz, Tello y Arévalo, 2014**)

3.8. SELECCIÓN MASAL

La selección masal es el método más simple de mejora en plantas alógamas y consiste en elegir los mejores individuos (por sus fenotipos), recoger la semilla que ellos producen, mezclar esta semilla para formar la generación siguiente y repetir el ciclo de selección y mezcla de semilla sucesivamente. La selección masal puede tener varias formas, pero siempre implica la cosecha de un lote en masa de semillas a partir de algunas plantas seleccionadas.

Evidentemente, lo que se hace es una selección para gametos femeninos, puesto que al tomar la semilla producida por la planta seleccionada se está seleccionando la aportación génica femenina, mientras que no se puede seleccionar las plantas que van a actuar como polinizadores. A pesar de ello, se espera un progreso en la selección por acumulación de genes favorables.

La selección masal por el fenotipo es efectiva cuando los caracteres para los que se selecciona son fácilmente observables o medibles; por ejemplo: Altura de planta, contenido en aceite o proteína de la semilla. Cuando los caracteres no pueden ser prejuzgados por el fenotipo individual de las plantas, se realizan ensayos con la descendencia de las madres seleccionadas, lo cual recibe el nombre de (prueba de progenie).

La descendencia puede obtenerse mediante polinización abierta normal (sin control de los gametos masculinos) o puede hacerse controlando la reproducción. Esto dependerá de si el carácter que estemos teniendo en cuenta puede observarse o medirse antes de la fecundación. Por ejemplo, la altura de la planta se puede medir antes de la fecundación, pero el contenido en proteína de la semilla no. Si la selección se hace antes de la antesis, las plantas se eliminan y se permiten cruces aleatorios sólo entre las elegidas. Si se hace después de la fecundación, las plantas seleccionadas se habrán cruzado, en parte, con las no deseadas.

Cuando la población es muy variable, la presión de selección debe ser suave, para dar oportunidad a que se mezcle bien los caracteres. Después de varios ciclos se debe llevar a cabo un ciclo de selección fuerte para escoger los individuos más sobresalientes y obtener así la máxima respuesta. De lo contrario, si utilizamos siempre una presión de selección fuerte, la variabilidad genética se agota rápidamente, esto conduce a la homocigosis y por tanto a poca respuesta a la selección.

La efectividad de la selección masal depende entre otros factores de los caracteres en estudio y del tipo de herencia que estos tengan. Es más efectiva para aquellas características de alta heredabilidad como: La altura de la planta, resistencia a enfermedades, precocidad, prolificidad, alto contenido de proteína, adaptabilidad, etc. por otro lado, dicha selección es poco efectiva para las características de baja heredabilidad, como: Rendimiento, acame, resistencia a insectos, etc. **(Molina, 1983)**

Se puede afirmar que el éxito de la selección masal se debe a los siguientes factores:

- Técnicas adecuadas de campo.
- Alta heredabilidad.
- Amplia variabilidad genética.

3.8.1. Requisitos para una selección masal adecuada

Molina (1983), Para adelantar un programa de selección masal en plantas alógamas se deben de considerar los siguientes factores:

- A. Aislamiento del lote:** Donde se hará la selección; este se puede llevar a cabo mediante las siguientes prácticas.
- B. Distancia:** Estableciendo una distancia mínima entre los lotes de selección y otros de producción comercial, teniendo en cuenta que el

polen de las plantas alógamas se transportan por el viento a grandes distancias.

- C. **Fecha de siembra:** Adelantando o retrasando la siembra de los lotes para selección con aquellos lotes comerciales sembrados alrededor es otra forma eficaz de aislar los lotes.

- D. **Barreras artificiales:** Se utilizan cuando no se puede aislar el lote mediante algunas de las formas anteriores.

- E. **Factores ambientales:** Entre los más importantes se encuentra la:
 - **Uniformidad del terreno:** En lo que respecta a fertilidad, profundidad, textura, pendiente, como de la buena preparación del terreno.

- F. **Prácticas culturales uniformes:** Esto quiere decir la siembra se realice a la misma profundidad y a la misma distancia, la fertilización también debe ser uniforme, en lo posible se recomienda sobre fertilizar el lote para eliminar posibles diferencias en la fertilidad del suelo. Se debe planificar el riego, de tal manera que se suministre el agua en el momento en que lo necesite el cultivo. El control de malezas, plagas y enfermedades, debe ser muy eficiente y uniforme de tal manera que las diferencias presentadas en los resultados se

atribuya principalmente a la constitución genética de las plantas y no a efectos de estos factores.

G. Presión e intensidad de selección: Se debe aplicar una adecuada presión de selección que no cause endocría, esto se logra con una presión que puede variar de 10 a 20%. En teoría, mientras la presión sea más intensa se obtienen mayores ganancias, pero también se provoca más rápido la homocigosis.

H. Inconvenientes: que presenta la selección masal son:

- Para determinados caracteres la selección fenotípica no es la más adecuada para seleccionar genotipos superiores.
- La polinización incontrolada hace posible que los genotipos superiores hibriden con los inferiores en la población en la que cohabiten.

3.8.2. Selección masal estratificada

Este método de selección masal fue propuesto por (**Gardner, 1961**), para ser aplicado a materiales de amplia variabilidad genética, posteriormente otros fitomejoradores han modificado y ampliado esta metodología.

Consiste en una estratificación o división de las parcelas de evaluación / Se

recombinación en áreas de igual tamaño y preferiblemente cuadradas. Se sugieren 25 sub-parcelas, las cuales resultan de dividir el lote en cinco franjas de 10 m. de largo y subdividir cada franja en 10 surcos. Dentro de cada sub-parcela se eligen las mejores plantas, como en la selección masal ordinaria.

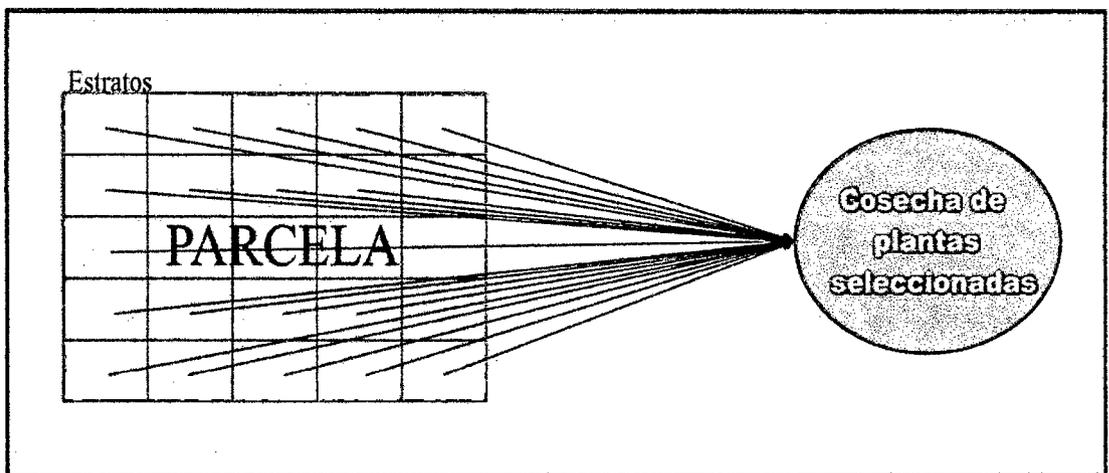


Figura 2: Representación de Selección Masal Estratificada
Fuente: Elaboración propia.

El objetivo principal de esta modificación es, precisamente, reducir dentro de cada sub-parcela el efecto ambiental que se tiene en toda la parcela; lo anterior permite una mayor eficiencia en la selección, al trabajar más sobre la variación genética.

IV. MATERIALES Y METODOLOGÍA

4.1. MATERIALES

4.1.1. Material Biológico

Para la primera etapa del estudio se usó semillas botánicas de las accesiones Shica y Mishquiyacu, en la segunda etapa se emplearon semillas agronomicas (estacas).

4.2. METODOLOGIA

4.2.1. Ubicación del experimento

El trabajo de investigación se realizó en el Fundo de la empresa SHANANTINA SAC, ubicada en el distrito y provincia de Lamas, región San Martín. Las coordenadas geográficas de las parcelas donde se instalaron las plantas son:

Longitud Oeste	:	76° 31' 44''
Latitud sur	:	6° 26' 47.3''
Altitud	:	382 m.s.n.m.m

4.2.2. Metodología experimental

4.2.2.1. Tratamientos en estudio

El material en estudio está representado por dos accesiones de sachá inchi (Shica y Mishquiyacu), que fueron sometidas a un primer ciclo de selección masal estratificada con el fin de obtener dos poblaciones mejoradas considerando el análisis de rendimiento y tolerancia al nematodo del nudo.

a. Características de las accesiones en estudio

Se trabajó con semillas de sachá inchi de dos accesiones promisorias, un material silvestre colectado el 04/01/2007 en el Distrito de Tabalosos, provincia de San Martín, Región San Martín, identificado como **Shica**, el segundo material biológico colectado el 06/02/2007 en el Distrito de Pinto Recodo, Provincia de Lamas, Región San Martín identificado como **Mishquiyacu (Cuadro 1)**. Estas accesiones promisorias fueron seleccionadas por sus características agronómicas, de resistencia y contenido de aceites de tipo omega sobresalientes.

Cuadro 1: Características agronómicas sobresalientes de las dos accesiones en estudio

Variables	Parámetros	Accesión	
		Shica	Mishquiyacu
Características agronómicas	Habito de crecimiento	Trepador	Trepador
	φ Capsula	4,38 cm	4,50cm
	φ Semilla	1,79 cm	1,91 cm
	% Cascara	47,70	43,56
	% Semilla	52,30	56,44
	Peso 100 semillas	93,16 g	104,85 g
	N° cosechas/año	24	24
Resistencia a	Rendimiento 1° año	1 590,87 kg/Ha/año	2 025,26 kg/Ha/año
	<i>Meloidogyne incognita</i>	Susceptibilidad Intermedia	Susceptibilidad alta
	Estrés hídrico	Medianamente tolerante	Medianamente tolerante
Aceites Omega (%)	Omega 3	42,13	41,12
	Omega 6	39,28	39,55
	Omega 9	10,27	10,85

Fuente: (Cachique *et al.*, 2008).

4.2.2.2. Diseño Experimental

La figura 3 muestra el croquis del experimento. Cada parcela tiene 400 plantas que está dividido en 5 estratos de 80 plantas cada uno.

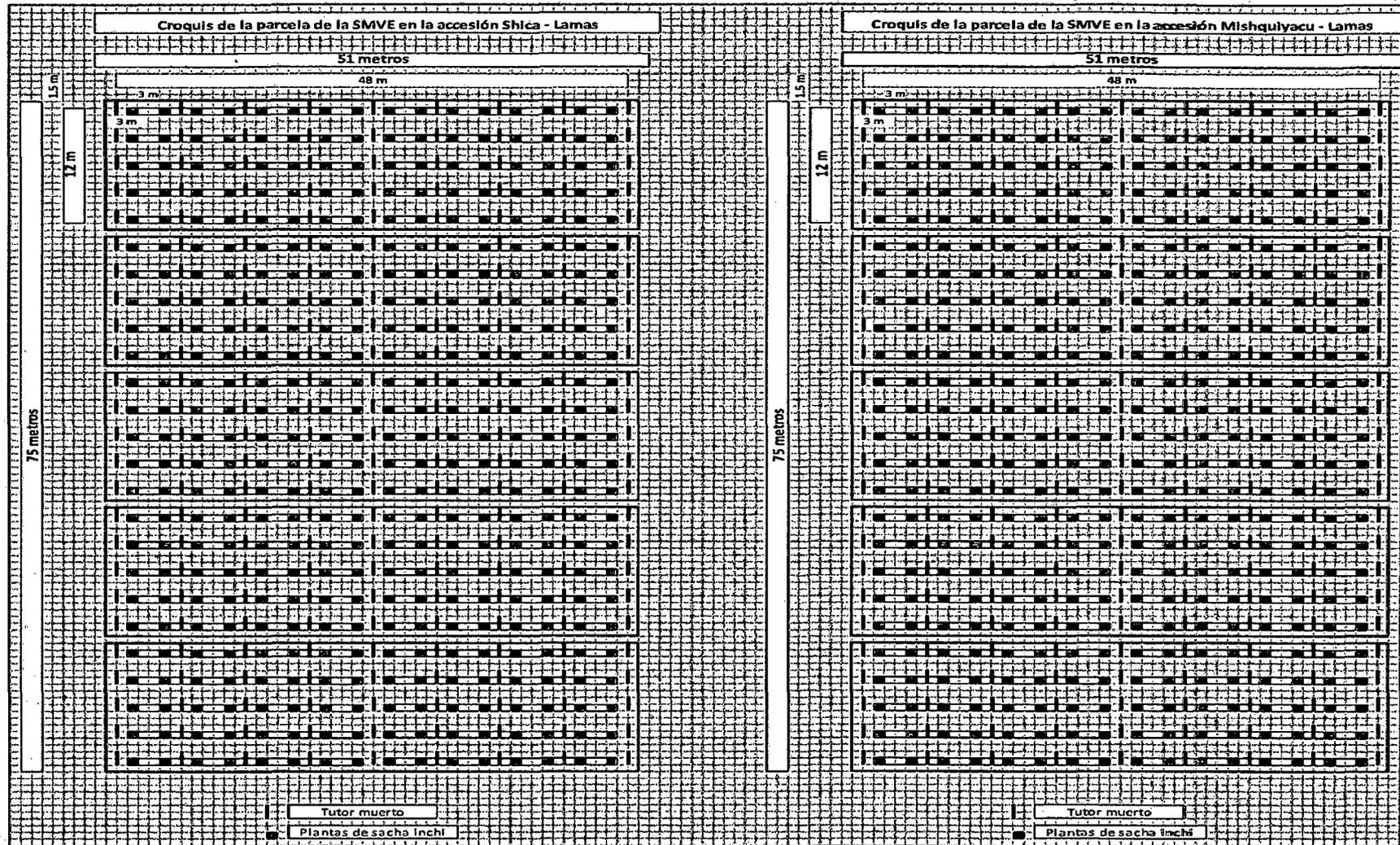


Figura 3: Croquis de las parcelas experimentales ubicadas en Lamas.

4.2.3. Selección negativa

En cada parcela, independientemente, se realizó la selección negativa, para eso se evaluó el vigor de las plantas considerando sanidad y altura de plantas (**cuadro 2**). Se determinaron porcentajes en cada estrato, se estableció la intensidad de selección negativa y se eliminaron aquellas plantas calificadas como poco vigorosas antes que inicien el proceso de floración y así evitar la polinización con plantas de buen comportamiento.

Cuadro 2: Escala para determinar el vigor de plantas de sachá inchi en Lamas (Adaptado de Andrade, 1998).

Valor	Calificación	Descripción
1	Poco vigor	Las plantas presentan altura menor a 60 cm y daños severos en las hojas.
2	Medio	Las plantas presentan altura entre 60 y 100 cm y presentan leves daños en las hojas.
3	Vigoroso	Las plantas presentan altura superior a los 100 cm y no presentan daño foliar.

Luego se evaluó el desarrollo fenológico planta por planta en cada una de las parcelas y se establecieron rangos de precocidad de acuerdo a los resultados obtenidos.

4.2.4. Rendimiento

Para la selección de las plantas superiores por rendimiento en cada estrato de cada parcela de investigación se empleó el método establecido por

(Molina, 1983), ajustando el rendimiento intrasublotos e intersublotos. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$Y = XG + (P_p - X_p) \text{ donde;}$$

Y = valor ajustado cada planta.

XG = promedio general.

P_p = valor individual de cada planta.

X_p = promedio del sub lote correspondiente.

Se determinó: promedios generales, valores mínimos y máximos con los datos ajustados y sin ajustar para todas las variables evaluadas, además del análisis de correlación entre el rendimiento y el resto de variables cuantitativas, empleando el coeficiente de Pearson (**Cuadro 3**).

Cuadro 3: Grado de correlación (Coeficiente de Pearson)

GRADO DE CORRELACION (Coeficiente de Pearson)	
Grado	Valores (Entre -1 y 1)
Perfecta	0,81-1,00
Alta	0,55-0,80
Media	0,30-0,54
Baja	0,10-0,29
Nula	0 (cercano a cero)
Baja	(-0,10)- (-0,29)
Media	(-0,30)- (-0,54)
Alta	(-0,55)- (-0,80)
Perfecta	(-0,81)- (-1,00)

Valores positivos indican variación directamente proporcional entre las variables. Valores negativos indican variación indirectamente proporcional entre las variables.

4.2.5. Tolerancia al nematodo del nudo

Se realizó 1 experimento por accesión, permitiéndonos seleccionar las plantas más tolerantes al nematodo del nudo. El material vegetal empleado fueron plantas propagadas por enraizamiento de estacas en cámaras de sub irrigación a partir de 28 plantas en la accesión Shica y 29 plantas en la accesión Mishquiyacu, en función al rendimiento respectivamente, donde cada una de ellas corresponde a un tratamiento. Se empleó un Diseño Completo al Azar (DCA), con 28 y 29 tratamientos (plantas seleccionadas), para la accesión Shica y Mishquiyacu respectivamente con 3 repeticiones cada uno.

Modelo Matemático: $Y (ij) = \mu + \lambda_i + \xi (ij)$

Dónde:

Y_{ij} = Resultado de una unidad experimental

μ = Media general

λ_i = Efecto del i-esimo.

E_{ij} = Error experimental

Cuadro 4: Análisis de varianza en un DCA - Accesión Shica

Fuente de Variabilidad	Grado de Libertad
Tratamientos	$t-1 = 28$
Error	$t(r-1) = 56$
Total	$rt - 1 = 83$

Dónde:

r = repeticiones: 3

t = Tratamientos: 28

Cuadro 5: Análisis de varianza en un DCA - Acceso Mishquiyacu

Fuente de Variabilidad	Grado de Libertad
Tratamientos	t-1 = 29
Error	t(r-1) = 58
Total	rt - 1 = 86

Dónde:

r = repeticiones: 3

t = Tratamientos: 29

Cada parcela está dividida en 5 estratos. Se realizó 1 experimento por acceso considerando las plantas seleccionadas por rendimiento en cada estrato (Shica y Mishquiyacu), se seleccionaron 20 plantas por acceso, con una intensidad de selección del 5,85 % y 6,13 % respectivamente. Las semillas de estas plantas fueron cosechadas y mezcladas, estos conformaron la población mejorada para el primer ciclo de selección masal estratificada.

4.2.6. Ejecución del experimento

4.2.6.1. Producción de plántones

La instalación del vivero se realizó en el centro experimental Pucayacu del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicado en el centro poblado menor de Bello Horizonte a 7 km de la ciudad de Tarapoto.

Para la producción de plántones se emplearon semillas de dos accesiones de sachá inchi (Shica y Mishquiyacu), colectadas del banco de germoplasma del IIAP – San Martín. Las figuras 4 y 5, muestran las semillas de ambas accesiones.

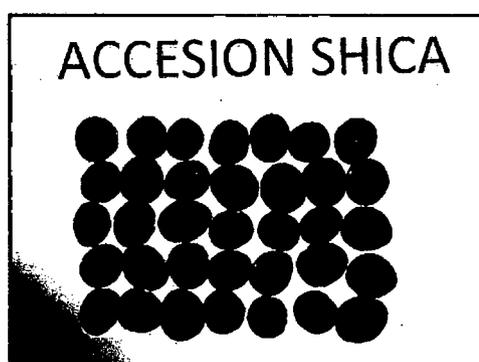


Figura 4: Semillas de Shica

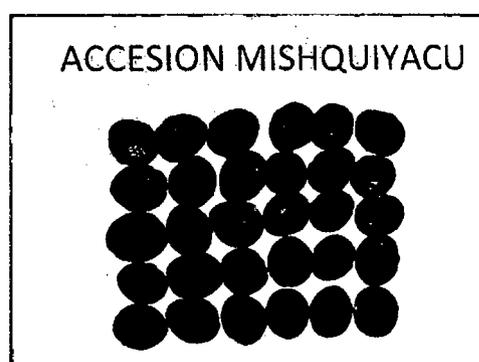


Figura 5: Semilla de Mishquiyacu

Estas accesiones fueron seleccionadas debido a sus características y bondades fisiológicas (Cachique *et al.*, 2008). Se produjeron 900 plántones (450 de Shica y 450 de Misquiyacu), para esto se llenaron bolsas de polietileno color negro almacigueras de ½ kg empleando

sustrato agrícola (60 % suelo agrícola, 20 % cascarilla de arroz, 20 % gallinaza). Previo a la siembra las semillas fueron tratadas con fungicida (Para chupadera 740 PM: captan 64 % y flutolanil 10 %), se aplicó 2,5 g/H₂O x 15 minutos aproximadamente, con la finalidad de prevenir el ataque de patógenos.

Las semillas fueron sembradas aproximadamente a 2 cm de profundidad. La aplicación de riego dependió del requerimiento de las plantas. Con el objetivo de prevenir y controlar enfermedades fungosas y el ataque de insectos se aplicó el insecticida nemastático sistémico (Oncol, producto activo benfuracarb 400 g/l), a una concentración de 1 ml/H₂O, el fungicida (Ridomil: 40 g de Metalaxil-M + 640 g de Mancozeb), con una dosis de 2,5 g/H₂O. Cuando las plantas presentaron el tercer par de hojas (aproximadamente a los 45 días) (Figuras 6 y 7), fueron llevados y trasplantados a campo.



Figura 6: Accesoión Shica



Figura 7: Accesoión Mishqiyacu

4.2.6.2. Preparación del terreno

El terreno donde se realizó los trabajos de investigación se encontraron totalmente enmalezados (bosque secundario). Se cultivaron 2 parcelas de 51 m de ancho x 75 m de largo, haciendo un área total de 3 825 m² (Figuras 8 y 9), además se dejó 10 m de barrera viva entre parcelas; todo el trabajo de preparación de terreno se desarrolló con ayuda de machetes.



Figura 8: Preparación de terreno



Figura 9: Parcela cultivada

4.2.6.3. Instalación del sistema de tutoraje en espalderas

Para la instalación de los tutores en espalderas se realizó el cuadrado de las parcelas con el método del triángulo rectángulo en los cuatro extremos de ambas parcelas, seguidamente el diseño y alineamiento que consistió en la ubicación de los puntos para el fijado de los

tutores muertos con distanciamiento de 6 m entre filas x 3 m entre columnas, posteriormente la excavación y fijación de tutores (madera Quinilla de 2,30 m de largo), para ello se realizó hoyos de 50 cm de profundidad, luego se hizo la preparación y colocación de los puntales que sirvieron como templadores a los extremos de cada fila en las dos parcelas experimentales, así mismo la distribución y templado del alambre galvanizado número 14 en cada fila de las dos parcelas de investigación, la primera fila se engrapo a 0,8 m del suelo y la segunda fila a 1,6 m del suelo.

4.2.6.4. Siembra en campo definitivo y estratificación de las parcelas

Previo a la siembra en campo definitivo se realizó la aplicación foliar del bioestimulante (Enziprom: Carbono Orgánico (C) 198,70 g/l, Nitrógeno Orgánico (N) 60,00 g/l), con una concentración de 2,5 ml/lH₂O, con la finalidad de evitar el estrés de las plantas producto del traslado y cambio de ambiente, por otra parte con el objetivo de controlar enfermedades causadas por hongos se aplicó el fungicida (Ridomil: 40 g de Metalaxil-M + 640 g de Mancozeb), con una dosificación de 2,5 g/lH₂O.

Para la instalación de las plantas en campo definitivo, se perforo hoyos con un distanciamiento de 3 m entre filas x 3 m entre columnas con un calado de 10 cm x 10 cm de diámetro. Luego se sembraron

las plantas de las dos accesiones en cada una de las parcelas (Figura 10).

Se realizó la estratificación en cada parcela de investigación, correspondiente a cada accesión, así la parcela de la accesión Shica tuvo en total 400 plantas, divididos en 5 estratos de 80 plantas cada uno. La accesión Mishquiyacu tuvo la misma distribución.



Figura 10: Siembra de plantones

4.2.6.5. Manejo agronómico

Se realizó un conjunto de actividades con el afán de darle condiciones adecuadas para el buen desarrollo de las plantas de Sacha inchi, para ello se aplicó el fertilizante foliar (Bayfolán: Nitrógeno (N) 11,47 %, Fósforo (P_2O_5) 8 % y Potasio (K_2O) 6 %), a una concentración de 2,5 ml/lH₂O, de este modo el insecticida nemastático (Oncol, producto activo Benfuracarb 400 g/l), con una proporción de 1 ml/lH₂O, también el fungicida (Para chupadera 740

PM: Captan 64 % y flutolanil 10 %), con una dosificación de 2,5 g/lH₂O, junto a ello el bioestimulante (Enziprom: Carbono Orgánico (C) 198,70 g/l, Nitrógeno Orgánico (N) 60,00 g/l), se empleó 2,5 ml/lH₂O y el adherente (Li 700, 1,5 ml/lH₂O), con el objetivo de aportar de manera inmediata nutrientes para acelerar el desarrollo vegetal y mejorar la calidad de las hojas, previniendo el ataque de hongos e insectos como chinches, pulgones, larvas, trips y hormigas. La aplicación se realizó cuando se observaba que los hongos e insectos afectaban de manera considerable a las plantas.

Dentro de las labores agronómicas también se realizó el plateado y control de malezas, que consistió en eliminar todas las plantas ajenas al cultivo dentro de la parcela, con la finalidad de evitar la competencia de nutrientes, mejorar la absorción del agua, desarrollo de raíces y por consecuencia mejorar la productividad. Esta labor se desarrolló con frecuencia de 30 días.

Debido a que las plantas iniciaron la emisión de guías, se realizó la poda y el guiado con ayuda de tijeras podadoras e hilo pabilo. La actividad de la poda Consistió en eliminar todas los brotes que se encuentren por debajo de la copa del tutor o el primer alambre, de tal manera que el tallo forme una "horqueta" o la falsa "y"; el guiado consistió en orientar las dos principales ramas del Sacha Inchi al

segundo alambre (1,6 m), en forma de “v” , el objetivo fue formar la estructura de la planta, mejorar la distribución de la luz, facilitar la aireación y permitir la distribución de frutos en lugares accesibles para la cosecha, esta actividad fue constante hasta el inicio de la primera cosecha. Las figuras 11 y 12 muestran el cultivo en pleno desarrollo fisiológico.



Figura 11: parcela shica



Figura 12: Parcela Mishquiyacu

4.2.7. Variables evaluadas

4.2.7.1. Selección de poblaciones mejoradas de Sacha Inchi por rendimiento

La cosecha se realizó cada 15 días y se determinó el rendimiento planta por planta en cada uno de los estratos de cada parcela de investigación, considerando las siguientes variables (Cruz, 2013).

- **Número de cápsulas cosechadas**

Se realizó el conteo de cápsulas cosechadas planta por planta, cada 15 días, durante los 6 primeros meses.

- **Peso de cápsulas cosechadas**

Esta variable se obtuvo pesando las semillas y cascara de cada planta en cada cosecha, con ayuda de una balanza de precisión, durante los 6 primeros meses.

- **Diámetro de cápsulas**

Las mediciones se efectuaron en la parte más ancha de la cápsula tomándose 4 cápsulas al azar por planta en cada cosecha. La medición se realizó con ayuda de un Vernier.

- **Número de semillas por cápsula**

Se determinó contando el número de semillas de 4 cápsulas por planta tomadas al azar en cada cosecha.

- **Peso de semillas**

Se determinó el peso de las semillas de las capsulas por planta, cada 15 días. Este valor nos proporcionó el rendimiento por planta, el peso se realizó con ayuda de una balanza de precisión (Figura 13).

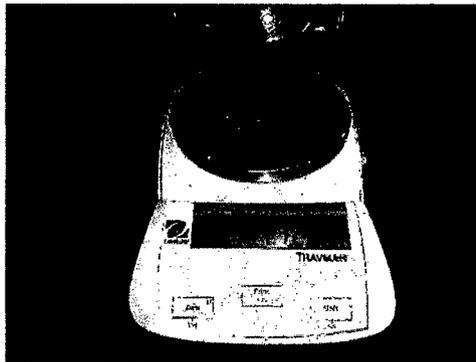


Figura 13: Peso de semillas

- **Peso de cáscara**

Se determinó pesando la cáscara de las cápsulas cosechadas de las plantas cada 15 días, con ayuda de una balanza de precisión (Figura 14).



Figura 14: Peso de cascara

- **Diámetro de semillas**

Se determinó el diámetro de semillas en cada cosecha, cada 15 días, las mediciones se efectuaron en la parte más ancha de la semilla, tomándose 16 semillas de cada planta, esto se realizó con vernier.

- **Peso de 100 semillas**

Se determinó el peso de 100 semillas en cada cosecha que se realizó en cada planta.

- **Rendimiento por planta**

El rendimiento por planta en kilogramos se obtuvo dividiendo entre 1 000 g al peso total en gramos en cada cosecha por planta.

- **Rendimiento por hectárea**

Se obtuvo multiplicando el rendimiento en kg de cada planta por un factor (número de plantas por hectárea).

Previo a las evaluaciones de las variables por rendimiento las cápsulas de sachá inchi cosechadas cada 15 días fueron colocadas en el secador solar (Figura 15), ubicado en las instalaciones del IIAP – San Martín, por 7 días aproximadamente las cápsulas fueron expuestas a la alta temperatura en el secador solar.

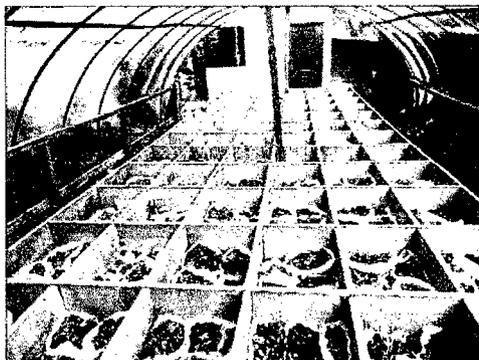


Figura 15: Capsulas en el secador solar

4.2.7.2. Ensayo de tolerancia al nematodo del nudo

- **Producción de plántulas**

Se produjeron plántulas de las dos accesiones de sachá inchi mediante el enraizamiento de estacas en cámaras de sub-irrigación ubicados en las instalaciones del IIAP – San Martín. Para esto se empleó estacas basales e intermedias de 8 cm de longitud y con 50 % de área foliar, el sustrato que se usó fue arena de textura media, piedras de 6 cm a 10 cm de diámetro y piedras de 3 cm a 6 cm de diámetro, también se usó el fungicida Ridomil 2,5 g x l H₂O y como inductor hormonal se empleó 0,2 % de ácido indol butírico x 100 ml de alcohol. La cámara de sub-irrigación cuenta con cuatro capas, además de un tubo vertical de 40 cm de altura por 10 cm de diámetro, con el objetivo de humedecer la arena de forma homogénea.

Capa 1: Arena de 2 cm a 3 cm de altura.

Capa 2: Piedras de 6 cm a 10 cm de diámetro.

Capa 3: Piedras (gravas), de 3 cm a 6 cm de diámetro.

Capa 4: Arena de 5 cm a 10 cm de altura.



Figura 16: Capas de una cámara de Sub-irrigación.

Las estacas se sembraron a 2 cm de profundidad y el riego se realizó con ayuda de un aspersor manual. Luego de 25 días las estacas enraizadas fueron repicadas en macetas conteniendo 1 kg de sustrato estéril que contiene 100 % tierra agrícola (Cachique *et al.*, 2011). Los maceteros fueron colocados en el invernadero del IIAP – SM.

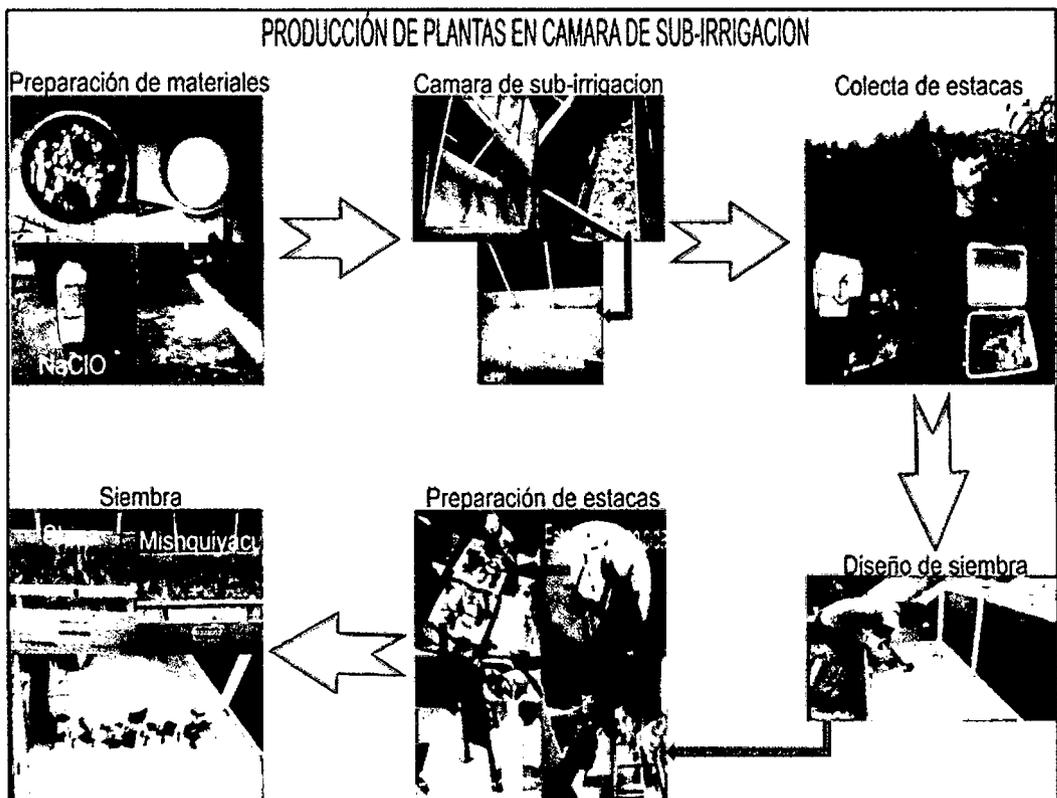


Figura 17: Siembra de estacas de Sacha inchi en cámaras de sub-irrigación.

- **Obtención del inóculo de *Meloidogyne incognita***

Para la obtención de huevos y juveniles (J2), de nematodo *Meloidogyne incognita* se hizo una fuente de inóculo en maceteros con suelo completamente infestados con *Meloidogyne incognita* en plantas de café y tomate, en las instalaciones del IIAP – San Martín. Luego de 100 días se colectaron raíces de café con nódulos infestados por el nematodo *M. incognita* (Márquez - Dávila *et al.*, 2013). Las raíces fueron lavadas con agua de caño, cortando aquellos que tuvieron nódulos en trozos de aproximadamente 2 cm de longitud. Los trozos de tejido fueron incorporados a un frasco que contiene agua destilada más solución de hipoclorito de sodio al 5 % por un minuto en agitación constante (manualmente), luego estos tejidos fueron triturados con ayuda de un pilón de madera y trasferidos a un frasco con agua destilada por 2 minutos en agitación constante. Luego se tamizo y lavo con abundante agua destilada. Se utilizaron tamices de 170; 230 y 400 mesh.

Los huevos y los individuos juveniles (J2) del nematodo atrapados en el tamiz de 400 mesh, fueron colectados con ayuda de una pizeta y transferidos a un vaso de prueba de 500

ml (Jatala, 1986). Con ayuda de un microscopio compuesto se cuantifico la concentración de huevos, para ello se tomó una alícuota de 3 ml de la suspensión de huevos y J2, transfiriéndola a una placa de conteo, expresando el resultado en huevos por centímetro cúbico (h.cc), todo el proceso de obtención del inoculo se llevó a cabo en el laboratorio de fitopatología del IIAP – SM.



Figura 18: Obtención de inoculo de *Meloidogyne incognita*

- **Infestación de plantas con *Meloidogyne incognita***

Para la infestación de raíces de sachá inchi se removió el suelo a 2 cm de profundidad y se incorporó huevos de *Meloidogyne incognita* con ayuda de una jeringa hipodérmica de 10 ml a la concentración de 100 huevos por centímetro cúbico de suelo (huevos. ccs^{-1}), en seguida el inóculo y se cubrió con suelo para evitar la muerte de los huevos y juveniles de nematodos, las plantas inoculadas fueron dejados en incubación en condiciones de vivero a temperatura ambiente y con humedad constante a capacidad de campo por un periodo de 45 días (Márquez - Dávila et al., 2013).

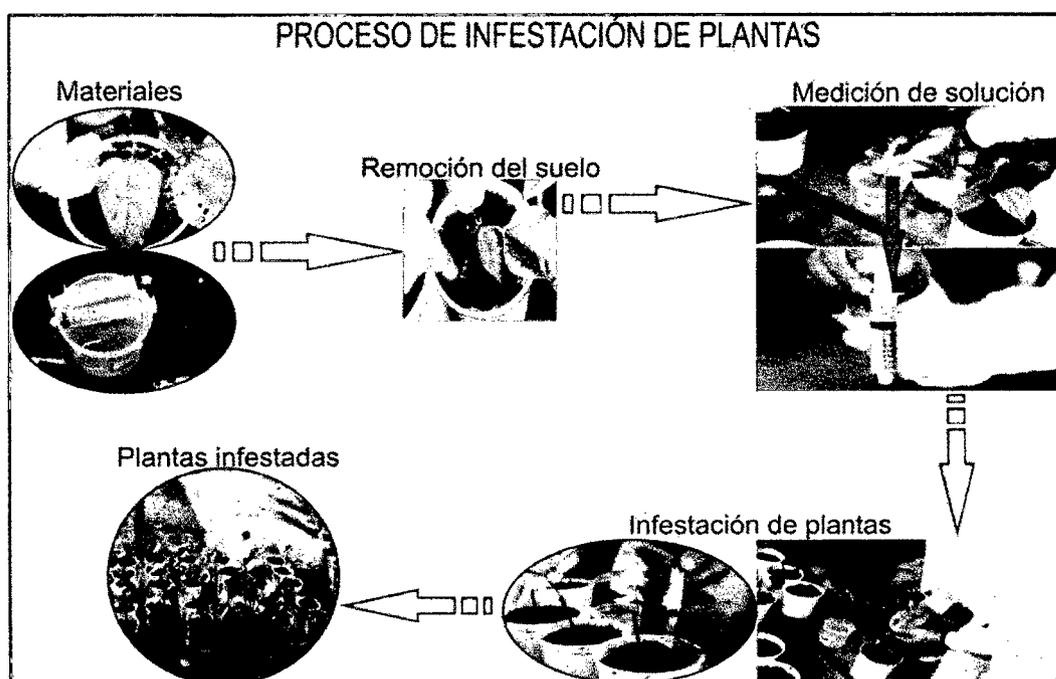


Figura 19: Infestación de plantas con *Meloidogyne incognita*.

En los siguientes cuadros se muestran los datos del conteo de huevos en dos etapas y la cantidad (ml), aplicada a cada macetero.

Cuadro 6: Colecta de huevos de *Meloidogyne incognita* – primer conteo.

CONTEO DE HUEVOS Y JUVENILES - PRIMER ENSAYO											
REP.	MUESTREO HUEVOS	MUESTREO JUVENILES	N° HUEVOS EN 3 cc	N° JUVENILES EN 3 cc	N° HUEVOS TOTAL	N° JUVENILES TOTAL	ml DE SOLUCION A UTILIZAR	CC DE J2 ENCONTRADOS	NUMERO DE MACETEROS INFESTADOS	% J2 INICIAL	% DE HUEVOS
1	187,0	92,0	374,0	184,0	62 333,3	30 666,7	8,0	492,0	62,3	31,9	68,1
2	165,0	80,0	330,0	160,0	55 000,0	26 666,7	9,1	484,8	55,0		
3	177,0	76,0	354,0	152,0	59 000,0	25 333,3	8,5	429,4	59,0		
PROM.	176,3	82,7	352,7	165,3	58 777,8	27 555,6	8,5	468,7	58,6		

Cuadro 7: Colecta de huevos de *Meloidogyne incognita* – segundo conteo.

CONTEO DE HUEVOS Y JUVENILES - SEGUNDO ENSAYO											
REP.	MUESTREO HUEVOS	MUESTREO JUVENILES	N° HUEVOS EN 3 cc	N° JUVENILES EN 3 cc	N° HUEVOS TOTAL	N° JUVENILES TOTAL	ml DE SOLUCION A UTILIZAR	CC DE J2 ENCONTRADOS	NUMERO DE MACETEROS INFESTADOS	% J2 INICIAL	% DE HUEVOS
1	360,0	160,0	720,0	320,0	120 000,0	53 333,3	4,2	444,4	120,0	33,2	66,8
2	350,0	215,0	700,0	430,0	116 666,7	71 666,7	4,3	614,3	116,7		
3	344,0	150,0	688,0	300,0	114 666,7	50 000,0	4,4	436,0	114,7		
PROM.	351,3	175,0	702,7	350,0	117 111,1	58 333,3	4,3	498,3	117,1		

- **Cuantificación de nódulos y medición de raíces.**

Las plantas se sacrificaron evitando romper las raíces al momento de eliminar el sustrato y luego fueron lavadas cuidadosamente con abundante agua, para cuantificar el número de nódulos inducidos por *Meloidogyne incognita* por sistema radicular y medir longitud de raíz, esta última variable

se calculó usando el programa Image Analysis Software for Plant Disease Quantification (**ASSESS**). Con estos dos datos se realizó el análisis de variancia (ANVA) y las medias fueron comparadas usando la prueba de Duncan (P=0,05) con la ayuda del programa estadístico **SAS versión 9.2**. Previamente todos los datos de cuantificación de nódulos fueron transformados a $\sqrt{X+0.5}$

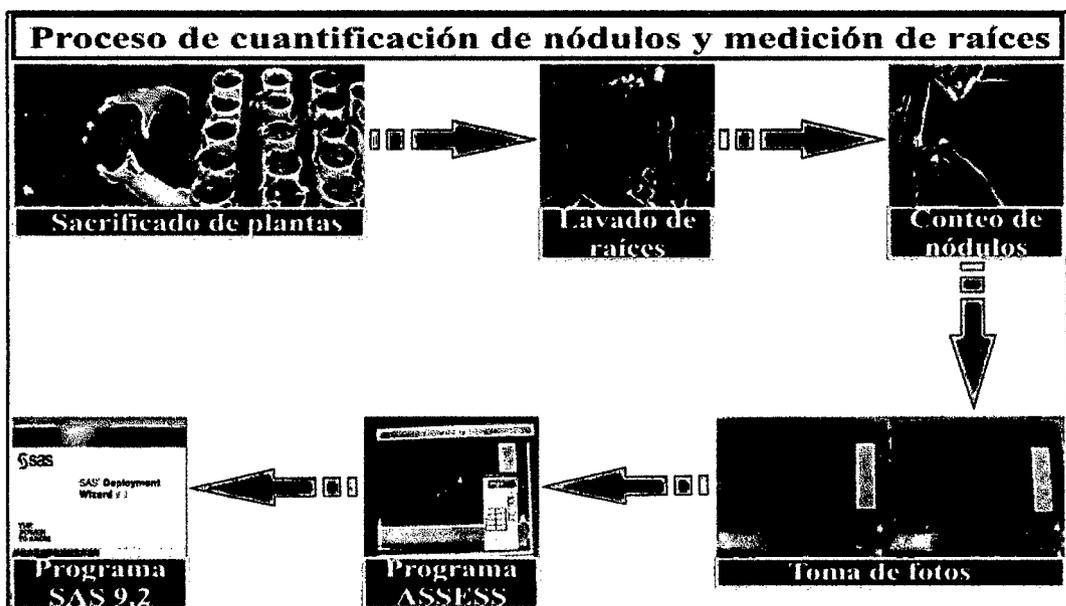


Figura 20: Cuantificación de nódulos y medición de raíces.

V. RESULTADOS

5.1. Selección negativa de plantas de sachá inchi en las dos parcelas

Experimentales

Previo a la selección negativa se realizó la identificación de las plantas que no lograron adaptarse. En el siguiente cuadro se muestra el porcentaje por estrato en las dos parcelas de investigación.

Cuadro 8: Total de plantas no adaptadas en (%), por accesión.

Estrato	Shica	Mishquiyacu
	Plantas no adaptadas (%)	Plantas no adaptadas (%)
I	0	3,9
II	2,56	3,9
III	2,56	9,59
IV	2,56	11,11
V	9,59	3,9

En cada estrato de ambas parcelas de investigación, las plantas que tuvieron desarrollo poco vigoroso fueron eliminadas antes de la floración con el objetivo de evitar la polinización con plantas de buen comportamiento.

La evaluación del vigor se realizó considerando sanidad y altura de planta, de acuerdo al **(cuadro 2)**. La evaluación de sanidad se desarrolló de manera visual planta por planta, observando principalmente el área foliar en las dos parcelas de investigación y la altura se midió con una wincha.

En las gráficas 21 y 22 se muestra la evaluación de vigor de plantas de Sacha Inchi en las dos parcelas de investigación.

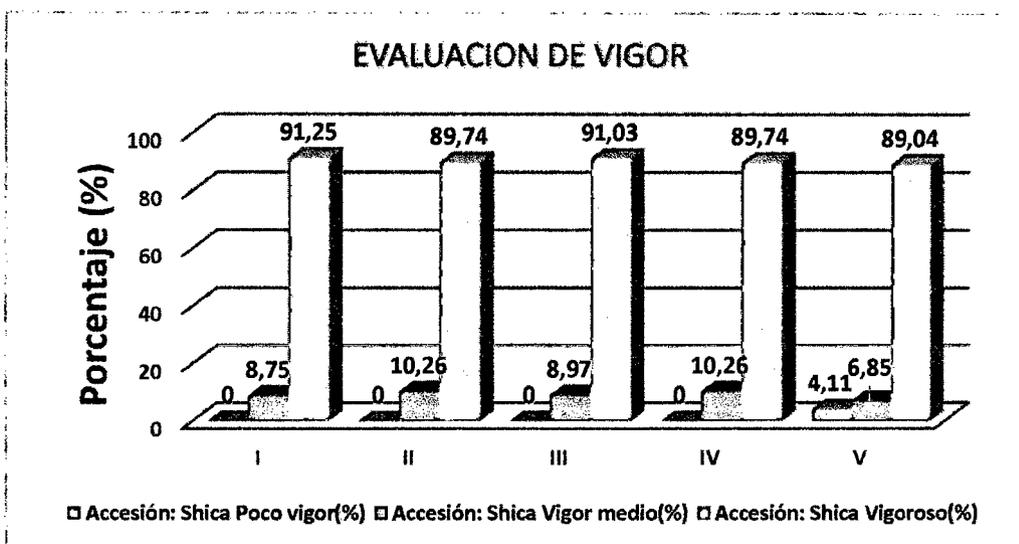


Figura 21: Porcentaje de vigor en la accesión Shica

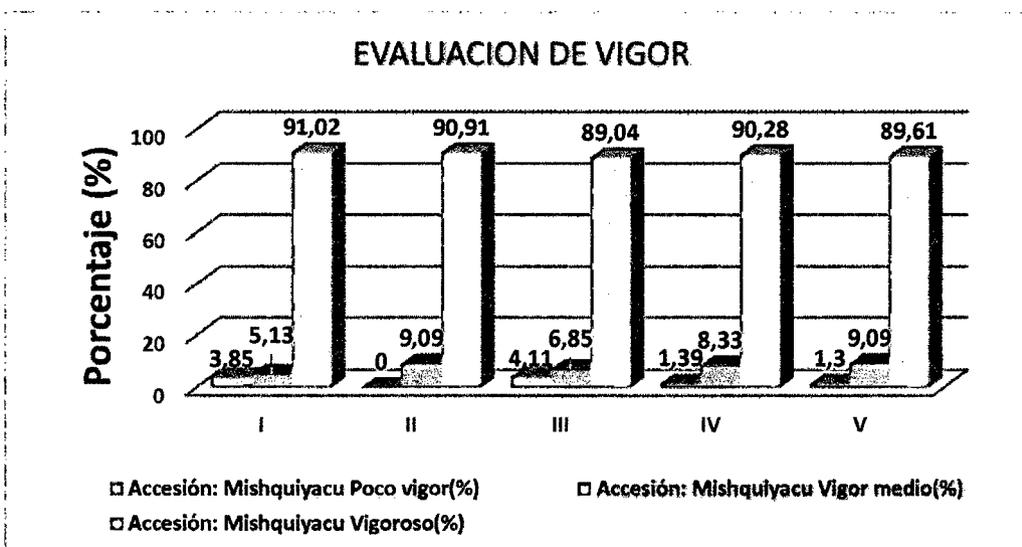


Figura 22: Porcentaje de vigor en la accesión Mishquiyacu

En cada parcela y de forma independiente se realizó la selección negativa, que consistió en eliminar 8 plantas por estrato. Se eliminó a aquellas plantas consideradas como poco vigorosas y de vigor medio, antes de que inicien el proceso de floración y así evitar la polinización con plantas de buen comportamiento.

En el siguiente cuadro se muestra la intensidad de selección.

Cuadro 9: Intensidad de selección en las dos parcelas de investigación.

Estrato	Shica			Mishquiyacu		
	Número de plantas	Plantas MSN*	Intensidad de selección (%)	Número de plantas	Plantas MSN*	Intensidad de selección (%)
I	80	8	10,00	77	8	10,39
II	78	8	10,26	77	8	10,39
III	78	8	10,26	73	8	10,96
IV	78	8	10,26	72	8	11,11
V	73	8	10,96	77	8	10,39
Total	387	40	10,34	376	40	10,64

*Muerte por selección negativa.

5.2. Plantas muertas por selección negativa

ACCESION	SHICA					MISHQUIYACU				
ESTRATOS	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
PLANTAS MUERTAS POR SELECCIÓN NEGATIVA	SE ₁ P ₁ =MSN	SE ₂ P ₈ =MSN	SE ₃ P ₁₆ =MSN	SE ₄ P ₂₃ =MSN	SE ₅ P ₁ =MSN	ME ₁ P ₁₅ =MSN	ME ₂ P ₉ =MSN	ME ₃ P ₁₃ =MSN	ME ₄ P ₂ =MSN	ME ₅ P ₅ =MSN
	SE ₁ P ₁₈ =MSN	SE ₂ P ₂₅ =MSN	SE ₃ P ₁₇ =MSN	SE ₄ P ₂₈ =MSN	SE ₅ P ₃ =MSN	ME ₁ P ₂₁ =MSN	ME ₂ P ₁₀ =MSN	ME ₃ P ₁₄ =MSN	ME ₄ P ₁₇ =MSN	ME ₅ P ₆ =MSN
	SE ₁ P ₁₉ =MSN	SE ₂ P ₃₈ =MSN	SE ₃ P ₂₀ =MSN	SE ₄ P ₄₀ =MSN	SE ₅ P ₁₂ =MSN	ME ₁ P ₂₅ =MSN	ME ₂ P ₁₈ =MSN	ME ₃ P ₁₅ =MSN	ME ₄ P ₂₂ =MSN	ME ₅ P ₁₀ =MSN
	SE ₁ P ₂₈ =MSN	SE ₂ P ₄₂ =MSN	SE ₃ P ₂₃ =MSN	SE ₄ P ₅₂ =MSN	SE ₅ P ₁₃ =MSN	ME ₁ P ₄₃ =MSN	ME ₂ P ₃₉ =MSN	ME ₃ P ₃₂ =MSN	ME ₄ P ₂₃ =MSN	ME ₅ P ₂₅ =MSN
	SE ₁ P ₄₂ =MSN	SE ₂ P ₄₃ =MSN	SE ₃ P ₂₆ =MSN	SE ₄ P ₅₄ =MSN	SE ₅ P ₂₃ =MSN	ME ₁ P ₄₅ =MSN	ME ₂ P ₄₁ =MSN	ME ₃ P ₄₅ =MSN	ME ₄ P ₂₇ =MSN	ME ₅ P ₆₉ =MSN
	SE ₁ P ₄₃ =MSN	SE ₂ P ₅₂ =MSN	SE ₃ P ₆₆ =MSN	SE ₄ P ₆₅ =MSN	SE ₅ P ₂₈ =MSN	ME ₁ P ₆₁ =MSN	ME ₂ P ₅₀ =MSN	ME ₃ P ₆₁ =MSN	ME ₄ P ₃₇ =MSN	ME ₅ P ₇₀ =MSN
	SE ₁ P ₄₇ =MSN	SE ₂ P ₇₁ =MSN	SE ₃ P ₇₂ =MSN	SE ₄ P ₆₆ =MSN	SE ₅ P ₆₅ =MSN	ME ₁ P ₆₉ =MSN	ME ₂ P ₆₈ =MSN	ME ₃ P ₆₄ =MSN	ME ₄ P ₅₃ =MSN	ME ₅ P ₇₂ =MSN
	SE ₁ P ₇₅ =MSN	SE ₂ P ₇₆ =MSN	SE ₃ P ₇₅ =MSN	SE ₄ P ₆₇ =MSN	SE ₅ P ₇₅ =MSN	ME ₁ P ₇₆ =MSN	ME ₂ P ₇₅ =MSN	ME ₃ P ₇₆ =MSN	ME ₄ P ₆₆ =MSN	ME ₅ P ₇₈ =MSN

Cuadro 10: Código de plantas MSN al 10.34 % (Accesión Shica) Y 10.64 % (Accesión Misquiyacu), eliminando 40 plantas por parcela.

S: SHICA

M: MISHQUIYACU

E: ESTRATO

P: PLANTA

MSN: MUERTE POR SELECCIÓN NEGATIVA

5.3. Fenología de las dos accesiones en estudio

Para determinar el periodo fenológico de las plantas en cada una de las accesiones se consideró las siguientes variables (Cruz, 2013).

5.3.1. Inicio de floración

El inicio de floración se consideró cuando el 10 % de las plantas evaluadas por estrato presentaron la aparición de los primeros primordios florales. La evaluación se realizó planta por planta.

En el (cuadro 11), se muestra los días en la que cada estrato inicio el periodo de floración.

Cuadro 11: Inicio de floración en las dos accesiones

Estrato	Accesión Shica	Accesión Mishquiyacu
	Inicio de floración	Inicio de floración
I	60ddt	72ddt
II	62ddt	68ddt
III	62ddt	75ddt
IV	65ddt	72ddt
V	68ddt	68ddt

5.3.2. Máxima floración

La máxima floración se consideró cuando el 75 % de plantas evaluadas por estrato presentaron flores estaminadas y pistiladas completas es decir

presentan flores masculinas y femeninas. La evaluación se realizó planta por planta.

En el (**cuadro 12**), se muestra los días en que cada estrato llegó a la máxima floración.

Cuadro 12: máxima floración en las dos accesiones

Estrato	Accesión Shica	Accesión Mishquiyacu
	Máxima floración	Máxima floración
I	92ddt	108ddt
II	92ddt	108ddt
III	92ddt	108ddt
IV	108ddt	108ddt
V	108ddt	108ddt

5.3.3. Inicio y máxima fructificación

El inicio de formación de frutos se consideró cuando menos del 50 % de plantas evaluadas por estrato presentaron frutos en primer estadio, la evaluación se realizó a 100 ddt y máxima formación de frutos se consideró cuando más del 50 % de plantas evaluadas por estrato presentaron frutos bien definidos y dicha evaluación se realizó a 110 ddt, en las dos parcelas de investigación.

En el (cuadro 13), se describe el porcentaje de inicio y máxima fructificación en las dos parcelas de investigación.

Cuadro 13: inicio y máxima fructificación en las dos accesiones

Estrato	Accesión Shica		Accesión Mishquiyacu	
	Inicio de fructificación (%)	Máxima fructificación (%)	Inicio de fructificación (%)	Máxima fructificación (%)
I	42,25	53,52	36,23	49,28
II	44,93	59,42	57,97	75,36
III	77,14	90,00	36,92	47,69
IV	72,86	90,00	46,88	62,50
V	60,00	76,92	45,59	63,24

5.3.4. Maduración

Se consideró cuando los frutos de las plantas empezaron a tornarse de color verde a un color negruzco, que finalmente se convirtió en marrón oscuro o negro cenizo.

La evaluación de maduración se realizó planta por planta en las dos parcelas de investigación, teniendo en cuenta lo siguiente:

1. Que al menos un fruto por planta se encuentre en el proceso de cambio de color para considerar a dicha planta en estado de maduración.

2. Que el 75 % de plantas por estrato se encuentren con frutos en estado de maduración, de esto dependerá el inicio de la cosecha.

En el (cuadro 14), se muestran los resultados de la evaluación de maduración.

Cuadro 14: Periodo de maduración en las dos accesiones

Estrato	Accesión Shica		Accesión Mishquiyacu	
	% de plantas en periodo de maduración	ddt	% de plantas en periodo de maduración	Ddt
I	94,37	220	42,65	219
II	91,3	220	70,59	219
III	92,86	220	44,62	219
IV	85,71	220	59,38	219
V	72,31	220	50,75	219

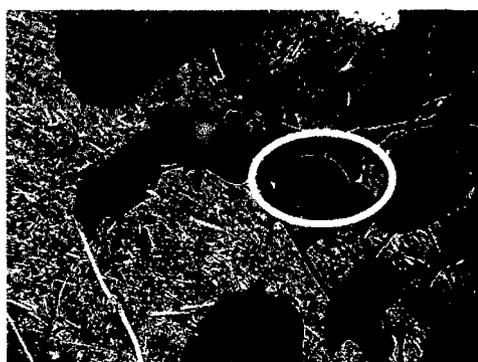


Figura 23: Fruto en periodo de maduración

5.3.5. Inicio de cosecha

Se consideró cuando los frutos tomaron el color marrón oscuro o negro cenizo indicando que están aptos para la cosecha, la primera cosecha se realizó a los 231 ddt, las demás cosechas se realizó con frecuencia de 15 días entre cosecha.



Figura 24: Fruto en periodo de cosecha

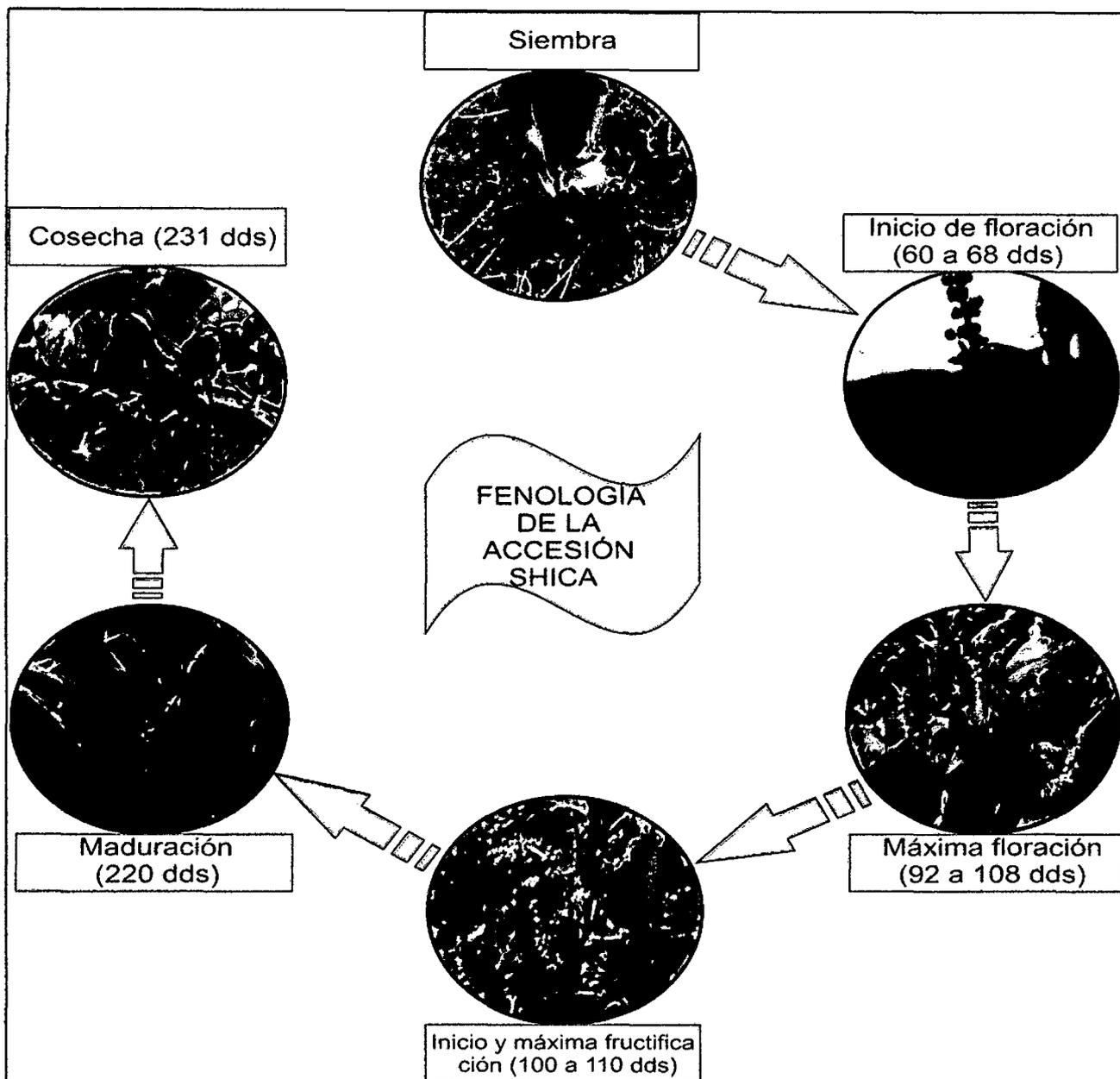


Figura 25: Desarrollo fenológico de la accesión Shica bajo las condiciones edafoclimaticas en la provincia de Lamas.

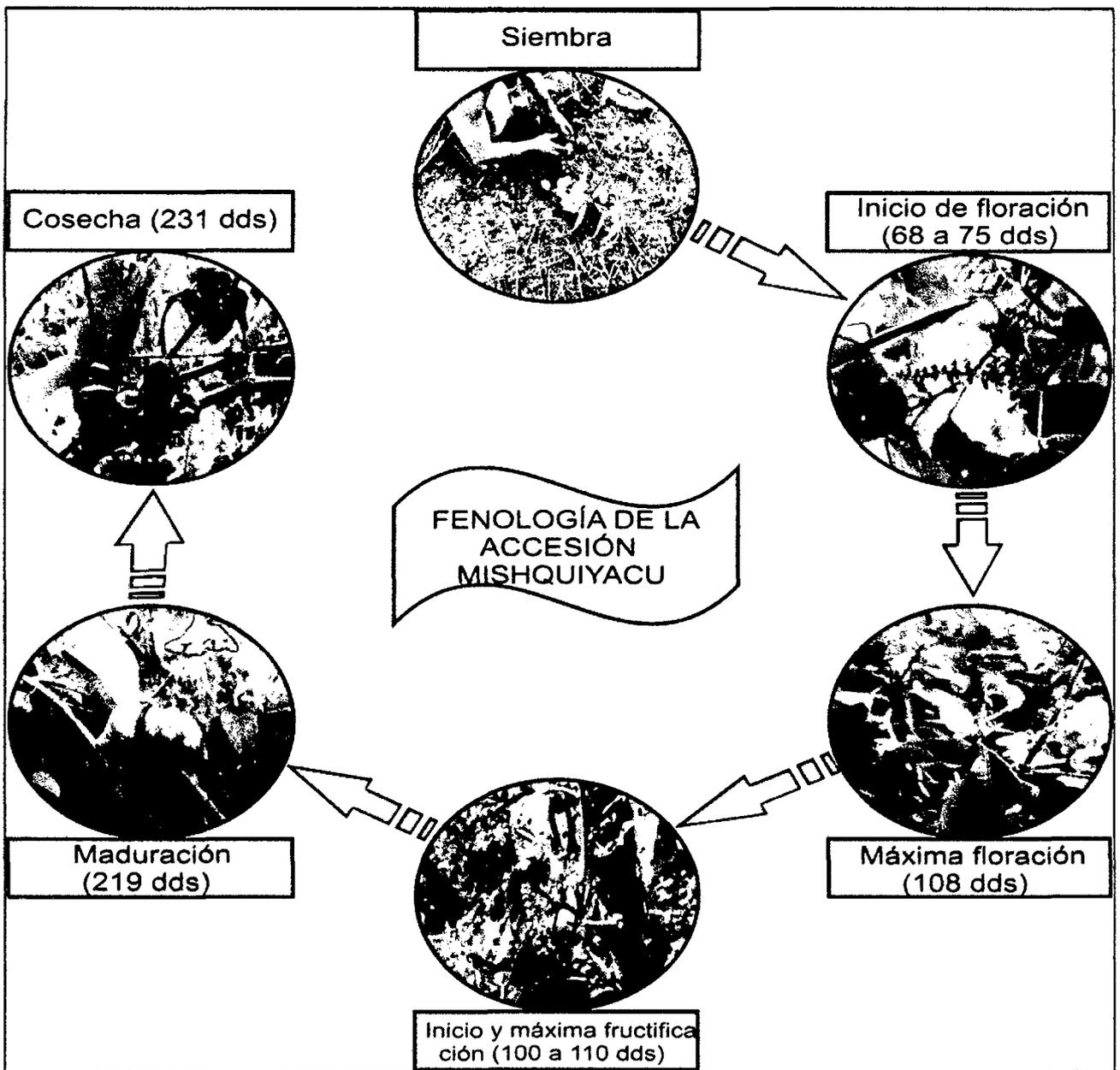


Figura 26: Desarrollo fenológico de la accesión Mishquiayacu bajo las condiciones edafoclimaticas en la provincia de Lamas.

5.4. Selección de poblaciones mejoradas de sachá inchi por rendimiento

Se realizó 12 cosechas de frutos correspondientes a 6 meses de rendimiento. Luego de evaluar los resultados bajo un análisis estadístico se seleccionaron las plantas que presentaron mejor rendimiento en cada parcela de investigación con las accesiones respectivas, haciendo un total de 28 plantas seleccionadas por rendimiento para la accesión Shica y 29 plantas seleccionadas por rendimiento para la accesión Mishquiyacu. Para obtener el rendimiento al 1° año se realizó análisis de regresión con los datos obtenidos de rendimiento en 6 meses.

5.4.1. Selección de poblaciones mejoradas de sachá inchi - Accesión Shica

En las siguientes gráficos se muestran los valores máximos, mínimos y promedio general de 10 variables evaluadas en el primer ciclo de selección masal estratificada y la población seleccionada de la accesión Shica.

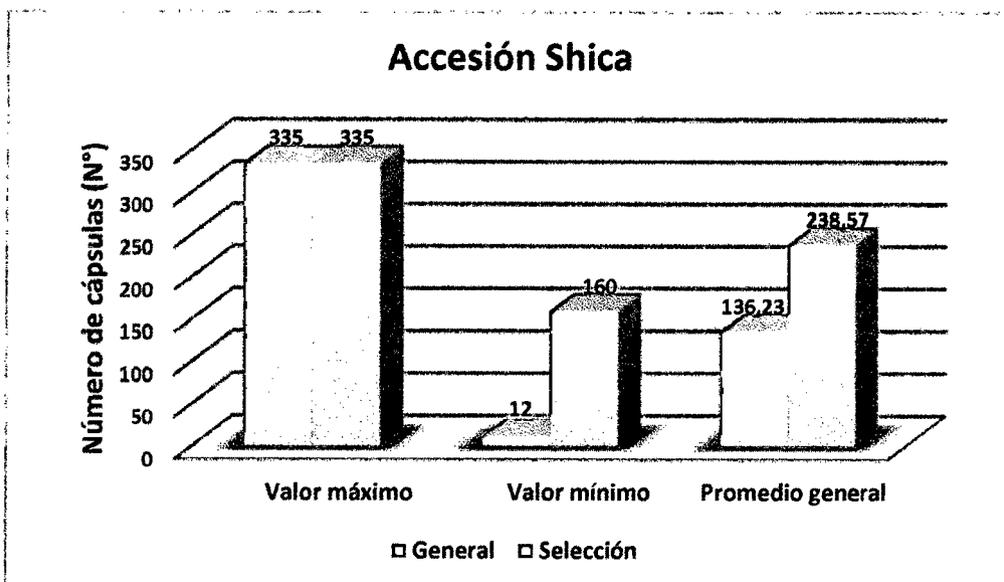


Figura 27: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Numero de cápsulas.

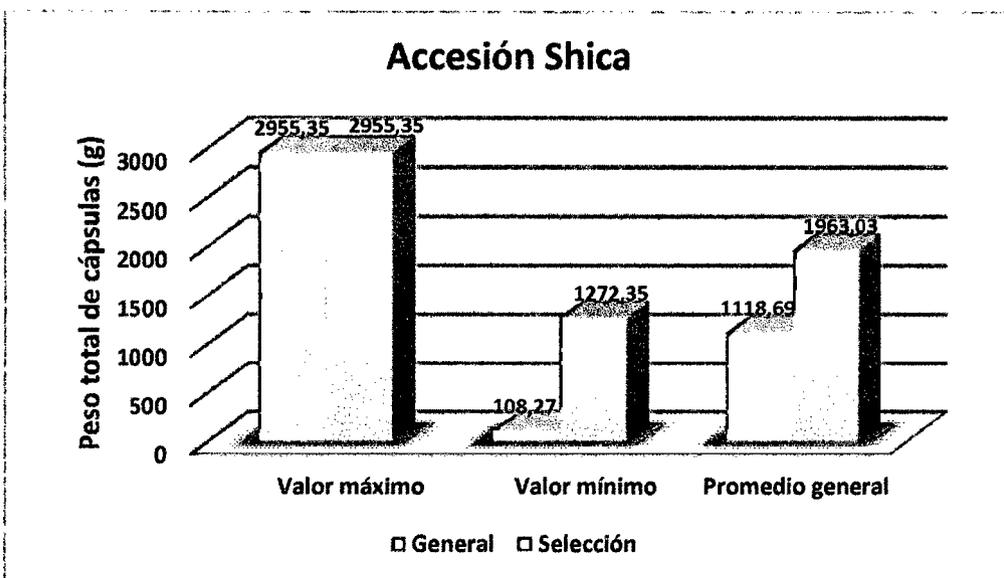


Figura 28: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso total de cápsulas.

Accesion Shica

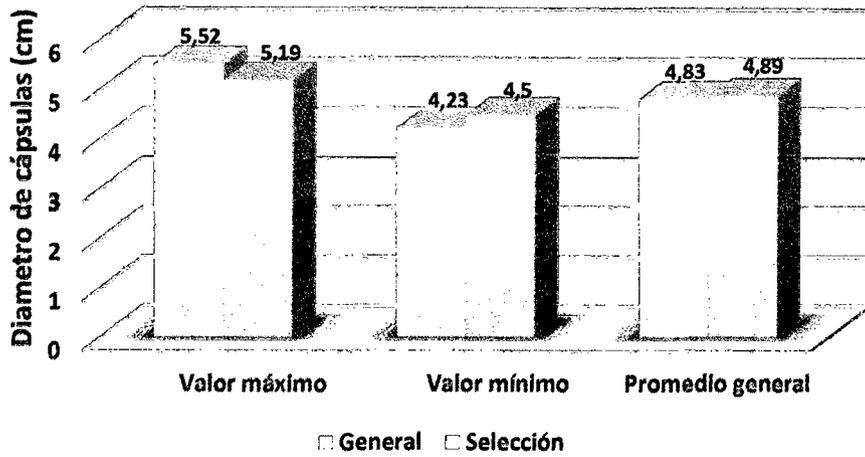


Figura 29: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Diámetro de cápsulas.

Accesión Shica

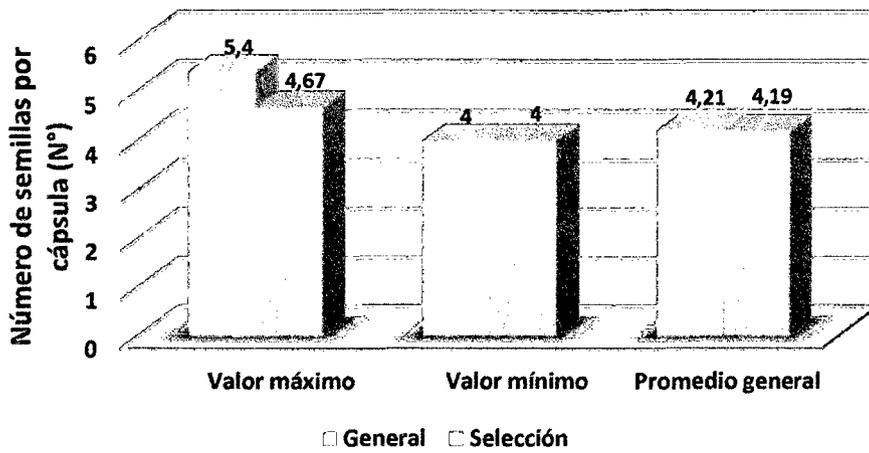


Figura 30: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Numero de semillas por cápsula.

Accesión Shica

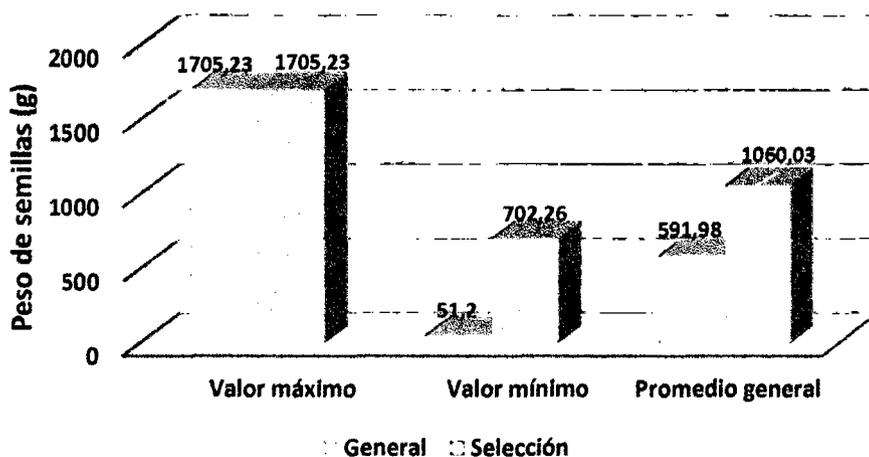


Figura 31: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de semillas.

Accesión Shica

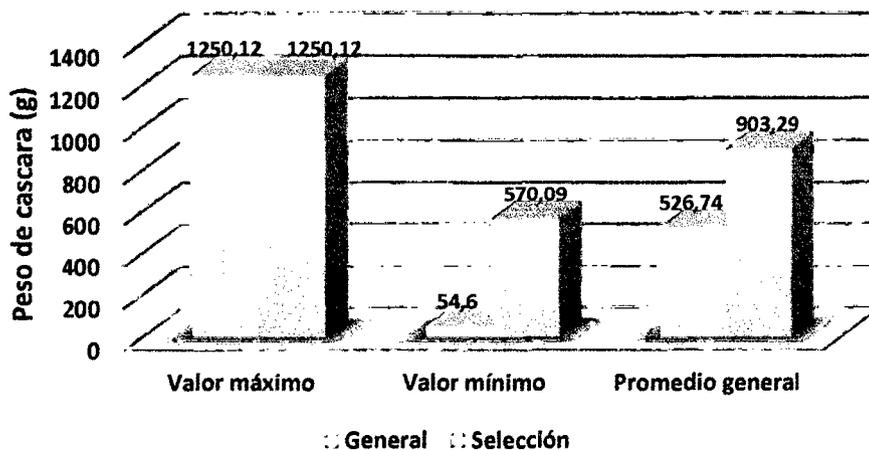


Figura 32: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de cascara.

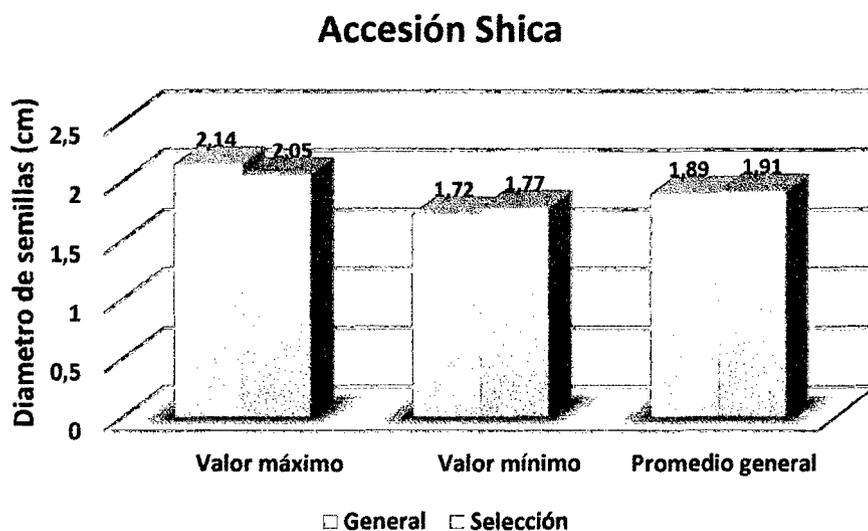


Figura 33: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Diámetro de semillas.

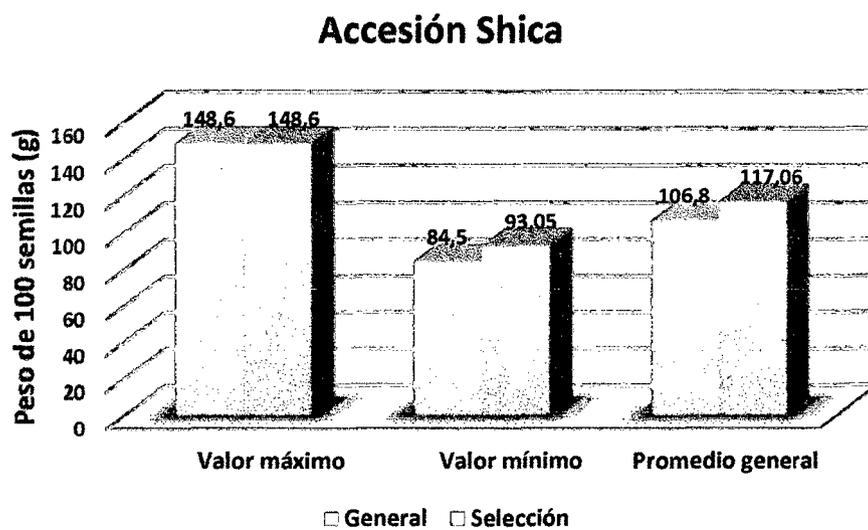


Figura 34: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de 100 semillas.

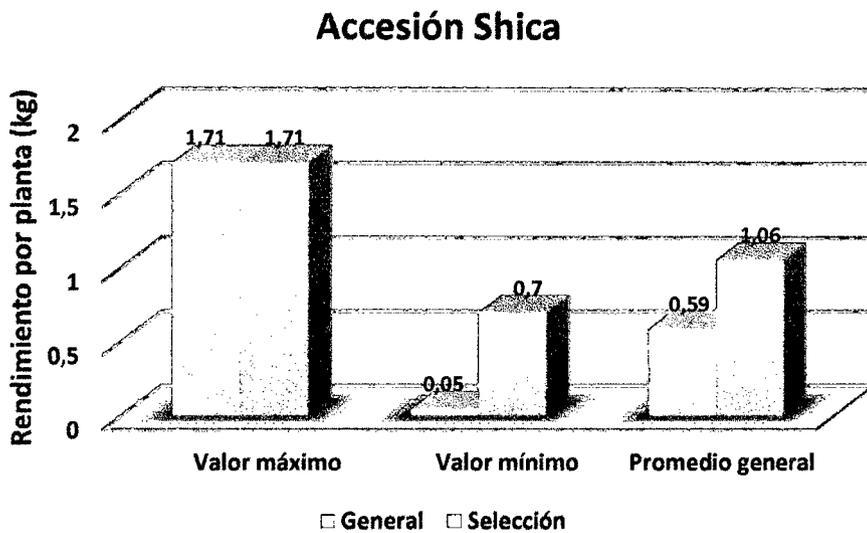


Figura 35: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Rendimiento por planta.

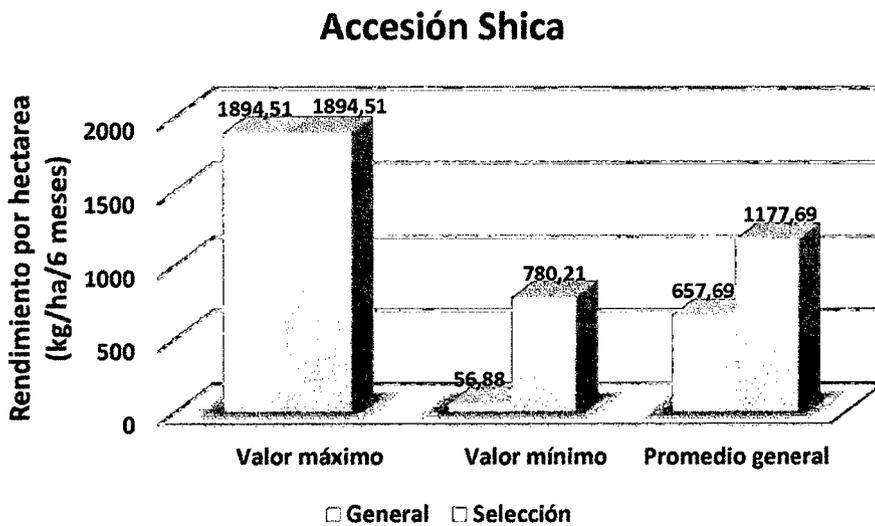


Figura 36: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Rendimiento por hectárea.

Luego de este proceso se seleccionaron 7 plantas del estrato I, 8 del estrato II, 5 del estrato III, 4 del estrato IV y 4 del estrato V, quienes presentaron

mejor rendimiento en cada estrato haciendo un total de 28 plantas seleccionadas en la accesión Shica.

Cuadro 15: Plantas seleccionadas por rendimiento en el primer ciclo de selección masal estratificada de la accesión Shica. Datos ajustados de acuerdo a (Molina, 1983).

Rangos de rendimiento (kg/ha/6 meses)	Frecuencia	Plantas seleccionadas
983,80 – 1 143,32	18	E1P39, E1P50, E1P55, E1P56, E1P74, E2P1, E2P5, E2P9, E2P62, E3P19, E3P35, E3P62, E4P3, E4P4, E4P22, E5P24, E5P40, E5P74.
1 143,32 – 1 302,84	7	E1P57, E2P10, E2P11, E2P48, E3P24, E4P34, E5P55.
1 302,84 – 1 462,36	3	E1P35, E2P6, E3P25.

Índice de selección: 8.19 %

Cuadro 16: Correlaciones entre el rendimiento y el resto de variables cuantitativas en el primer ciclo de selección masal estratificada de la accesión Shica empleando el coeficiente de Pearson (Cuadro 03).

Variable Independiente: Número de cápsulas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,97722056 Correlación: PERFECTA	Variable Independiente: Peso de cáscara Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,98191186 Correlación: PERFECTA
Variable Independiente: Peso total de cápsulas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,99624645 Correlación: PERFECTA	Variable Independiente: Diámetro de semillas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,19071667 Correlación: BAJA
Variable Independiente: Diámetro de cápsulas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,1478195 Correlación: BAJA	Variable Independiente: Peso de 100 semillas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,5371243 Correlación: MEDIA

Variable Independiente: Número de semillas por cápsula Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: -0,0221105 Correlación: NULA	Variable Independiente: Rendimiento por planta Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,99994251 Correlación: PERFECTA
Variable Independiente: Peso de semillas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 1 Correlación: PERFECTA	

5.4.2. Selección de poblaciones mejoradas de sachá Inchi - Accesión Mishquiyacu

En las siguientes graficos se muestran los valores máximos, mínimos y promedio general de 10 variables evaluadas en el primer ciclo de selección masal estratificada y la población seleccionada de la accesión Mishquiyacu de sachá inchi.

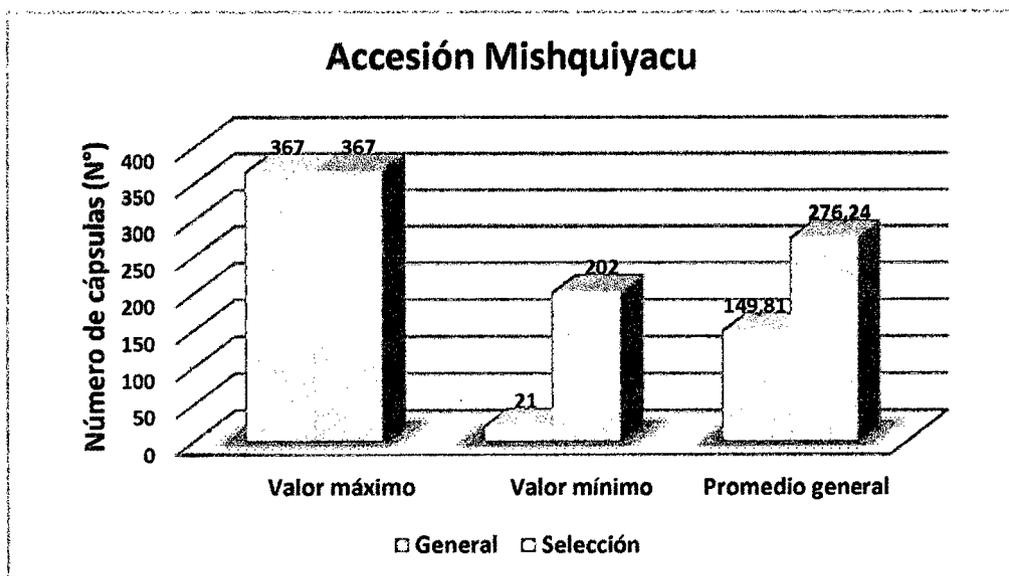


Figura 37: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Numero de cápsulas.

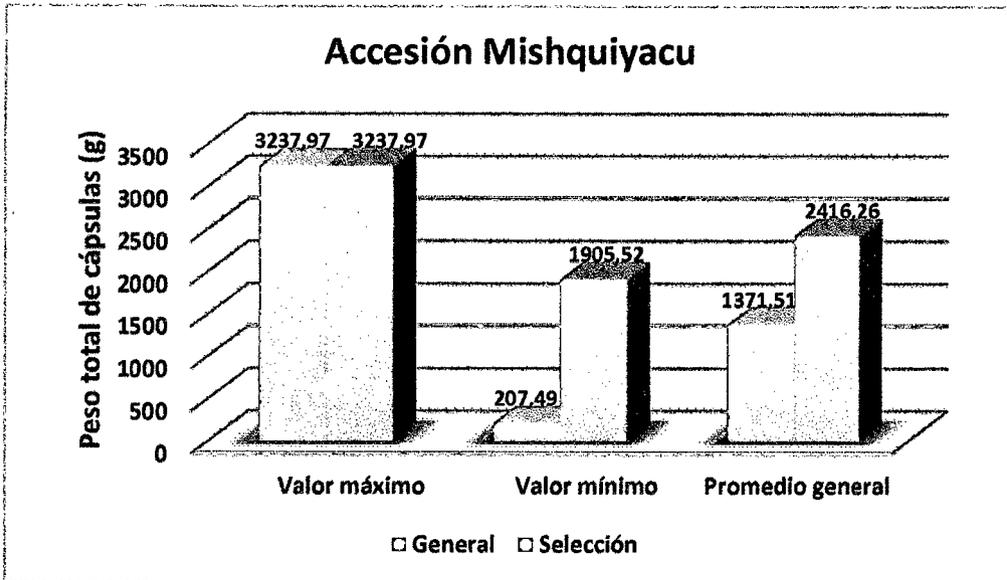


Figura 38: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso total de cápsulas.

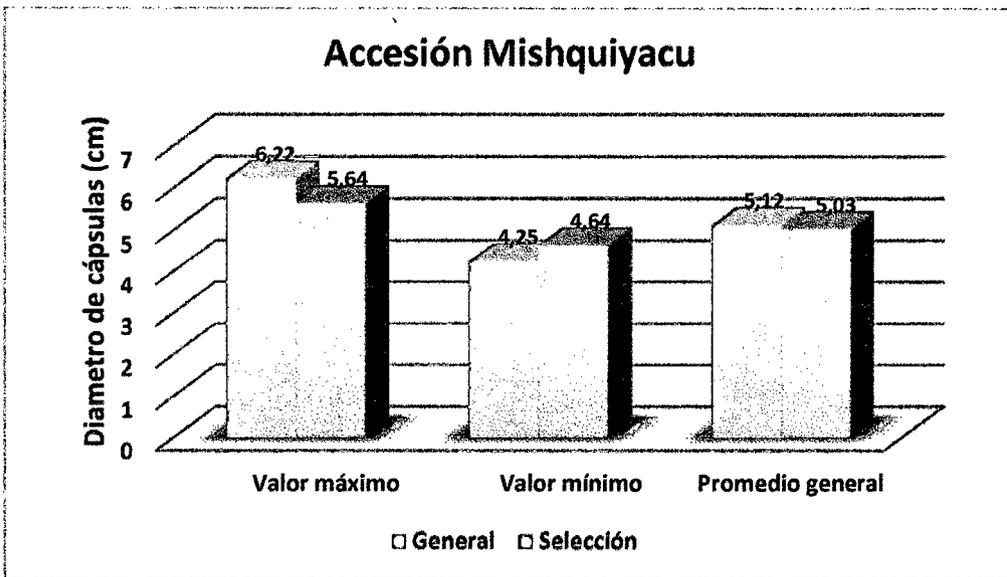


Figura 39: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Diámetro de cápsulas.

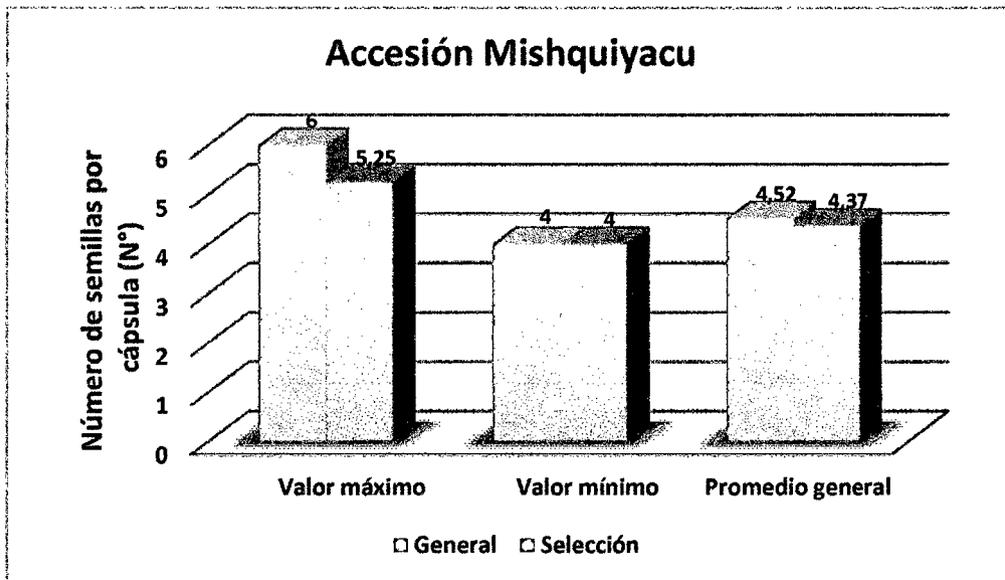


Figura 40: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Numero de semillas por cápsulas.

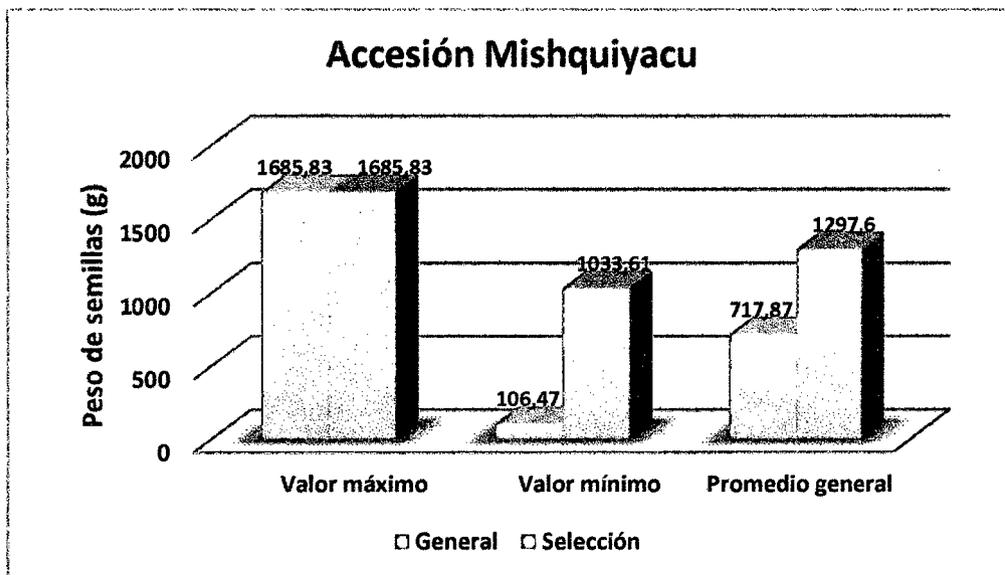


Figura 41: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de semillas.

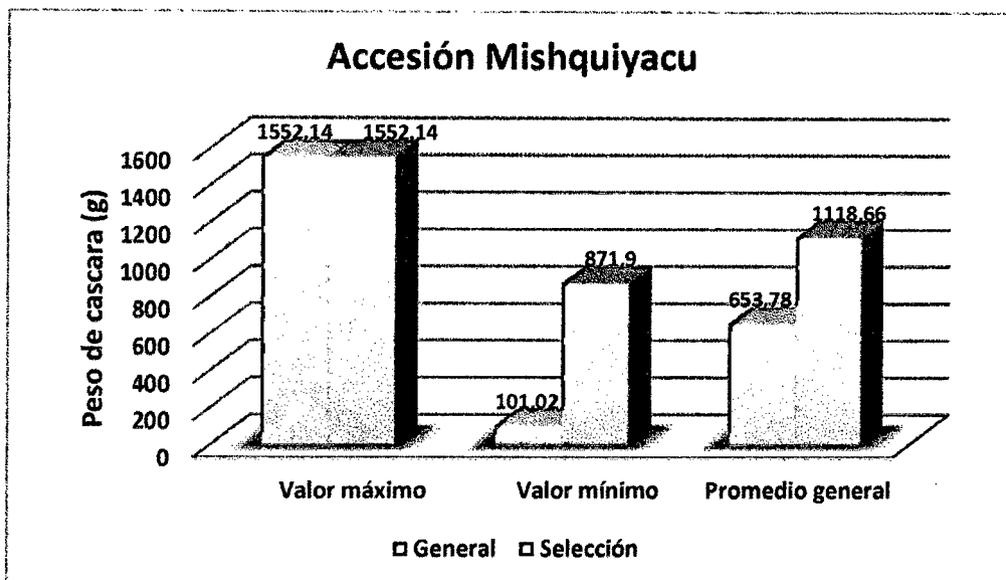


Figura 42: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de cascara.

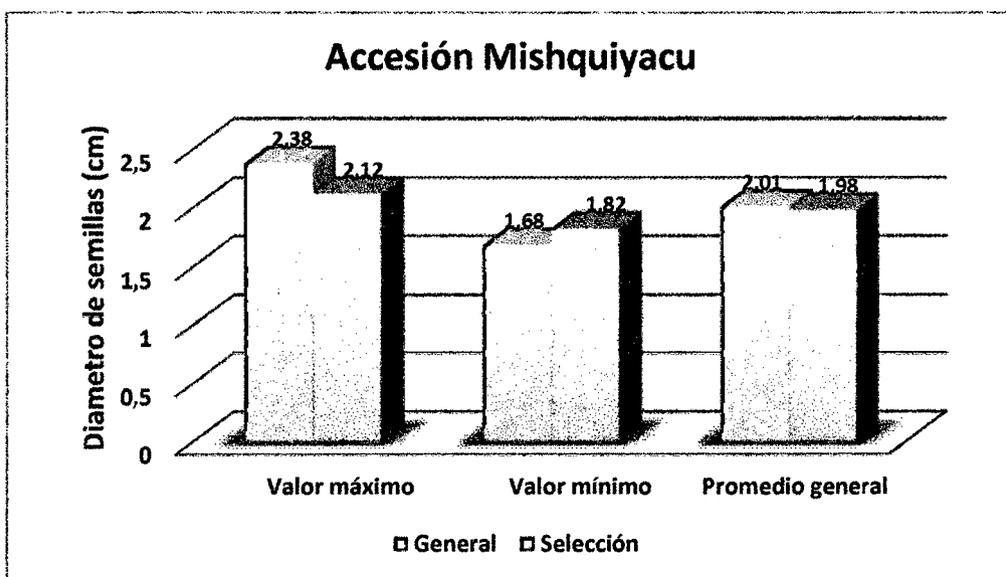


Figura 43: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Diámetro de semillas.

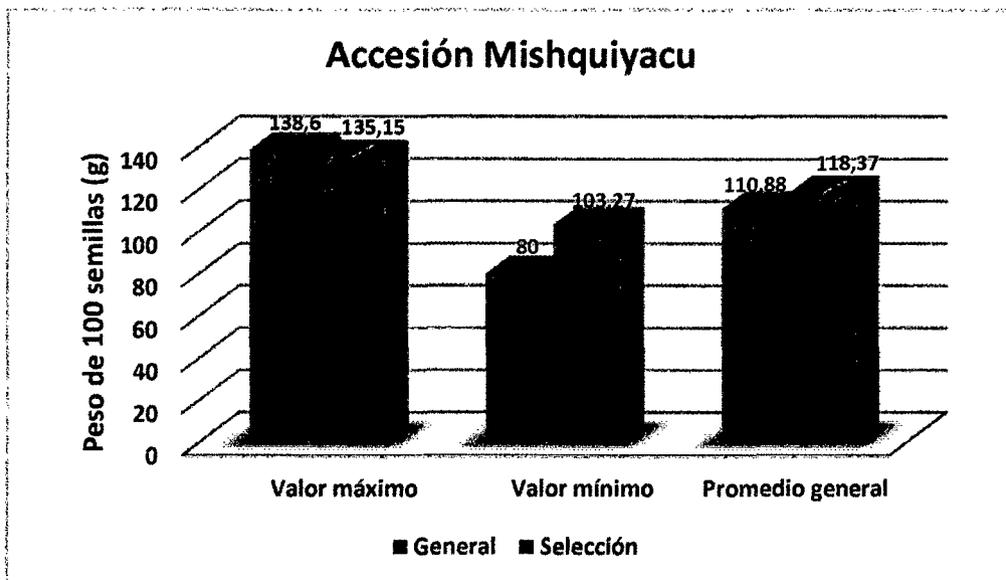


Figura 44: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Peso de 100 semillas.

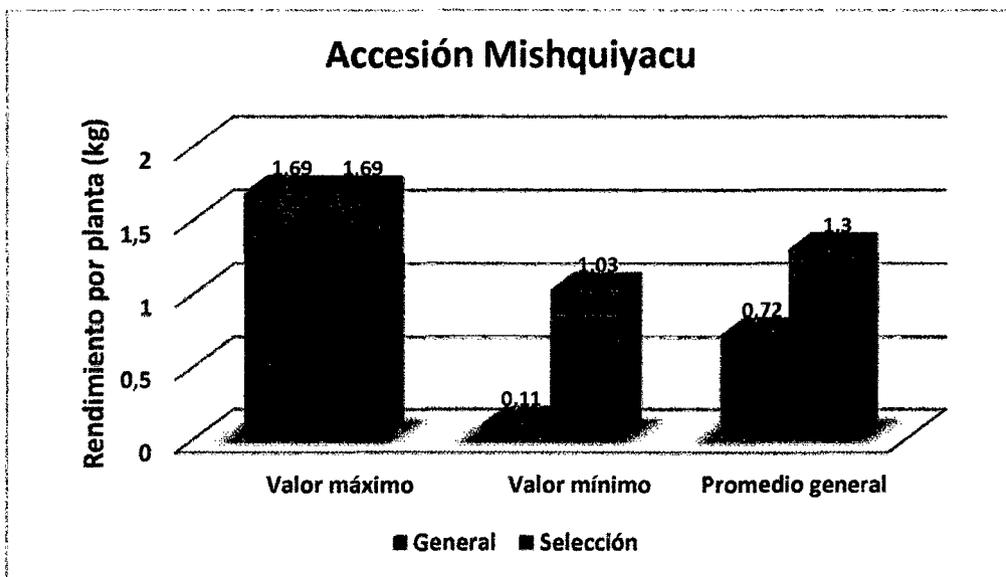


Figura 45: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Rendimiento por planta.

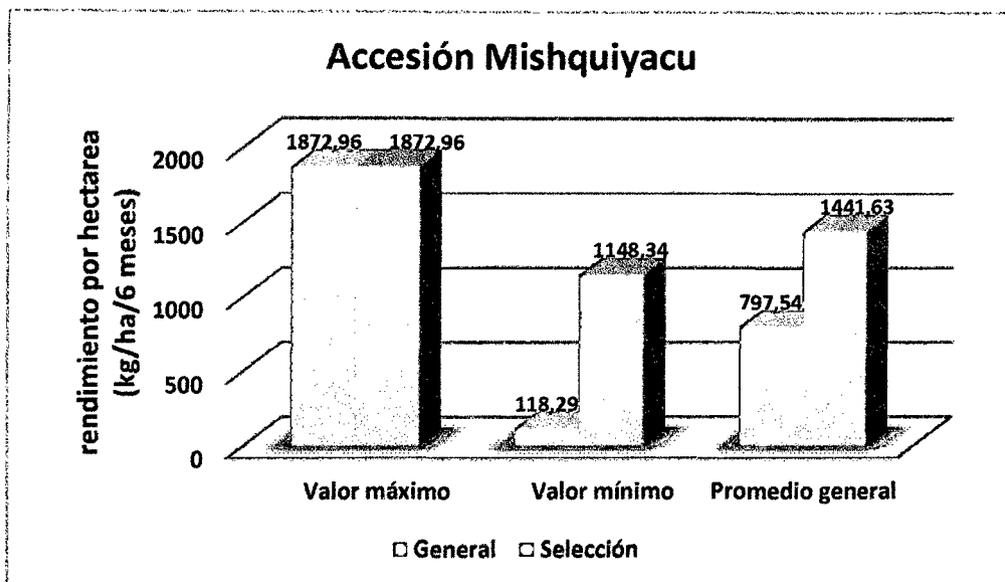


Figura 46: Valores máximos, mínimos y promedios en la variable Rendimiento por hectárea.

Luego de este proceso se seleccionaron 5 plantas del estrato I, 4 del estrato II, 8 del estrato III, 8 del estrato IV y 4 del estrato V, quienes presentaron mejor rendimiento en cada estrato haciendo un total de 29 plantas seleccionadas en la accesión Mishquiyacu.

Cuadro 17: Plantas seleccionadas por rendimiento en el primer ciclo de selección masal estratificada de la accesión Mishquiyacu. Datos ajustados de acuerdo a Molina (1983).

Rangos de rendimiento (kg/ha/6 meses)	Frecuencia	Plantas seleccionadas
1 265,92 -1 453,63	17	E1P27, E1P28, E1P55, E1P79, E2P6, E2P22, E2P42, E3P9, E3P46, E3P56, E3P57, E3P71, E4P44, E4P52, E4P72, E4P78, E5P15.
1 453,63 -1 641,34	8	E1P26, E3P27, E3P62, E4P41, E4P43, E4P67, E5P26, E5P63.
1 641,34 -1 829,05	4	E2P38, E3P12, E4P24, E5P24.

Índice de selección final: 8.9 %

Cuadro 18: Correlaciones entre el rendimiento y el resto de variables cuantitativas en el primer ciclo de selección masal estratificada de la accesión Mishquiyacu empleando el coeficiente de Pearson (**Cuadro 03**).

Variable Independiente: Número de cápsulas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,95404241 Correlación: PERFECTA	Variable Independiente: Peso de cáscara Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,96639029 Correlación: PERFECTA
Variable Independiente: Peso total de cápsulas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,99253469 Correlación: PERFECTA	Variable Independiente: Diámetro de semillas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,0092706 Correlación: NULA
Variable Independiente: Diámetro de cápsulas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: -0,0591512 Correlación: NULA	Variable Independiente: Peso de 100 semillas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,39917116 Correlación: MEDIA
Variable Independiente: Número de semillas por cápsula Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: -0,0629173 Correlación: NULA	Variable Independiente: Rendimiento por planta Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,99941675 Correlación: PERFECTA
Variable Independiente: Peso de semillas Variable dependiente: Rendimiento por hectárea Coeficiente de Pearson: 0,99999956 Correlación: PERFECTA	

5.5. Características de las accesiones estudiadas

Características deseables y sobresalientes de las dos accesiones en (Fuente: Elaboración propia., 2015).

Cuadro 19: Características agronómicas sobresalientes en el primer ciclo de selección masal en las dos accesiones en estudio.

Variables	Parámetros	Accesión	
		Shica	Mishquiyacu
Características agronómicas	Habito de crecimiento	Trepador	Trepador
	φ Cápsula	4,89	5,03
	φ Semilla	1,91	1,98
	% Cascara	46,00	46,3
	% Semilla	54,00	53,7
	Peso 100 semillas	117,06	118,37
	N° cosechas/año	24	24
	Rendimiento 1° año	2 508,75 kg/ha/año	3 038,03 kg/ha/año
Resistencia a	<i>Meloidogyne incognita</i>	Tolerancia intermedia	Tolerancia intermedia

5.6. Ensayo de tolerancia al nematodo del nudo

5.6.1. Número de nódulos en la accesión Shica

Cuadro 20: Análisis de varianza para el numero de nódulos

Fuente de variación	G.L	SC	CM	F.cal	Signf.
Tratamientos	27	64,115 257 140	2,374 639 150	40,08	**
Error	56	3,318 000 000	0,05925000		
Total	83	67,433 257 140			
N.S= No significativo		*=Significativo		**= Altamente significativo	
R ² = 95,08%		C.V= 13,13%		Promedio= 3,74	

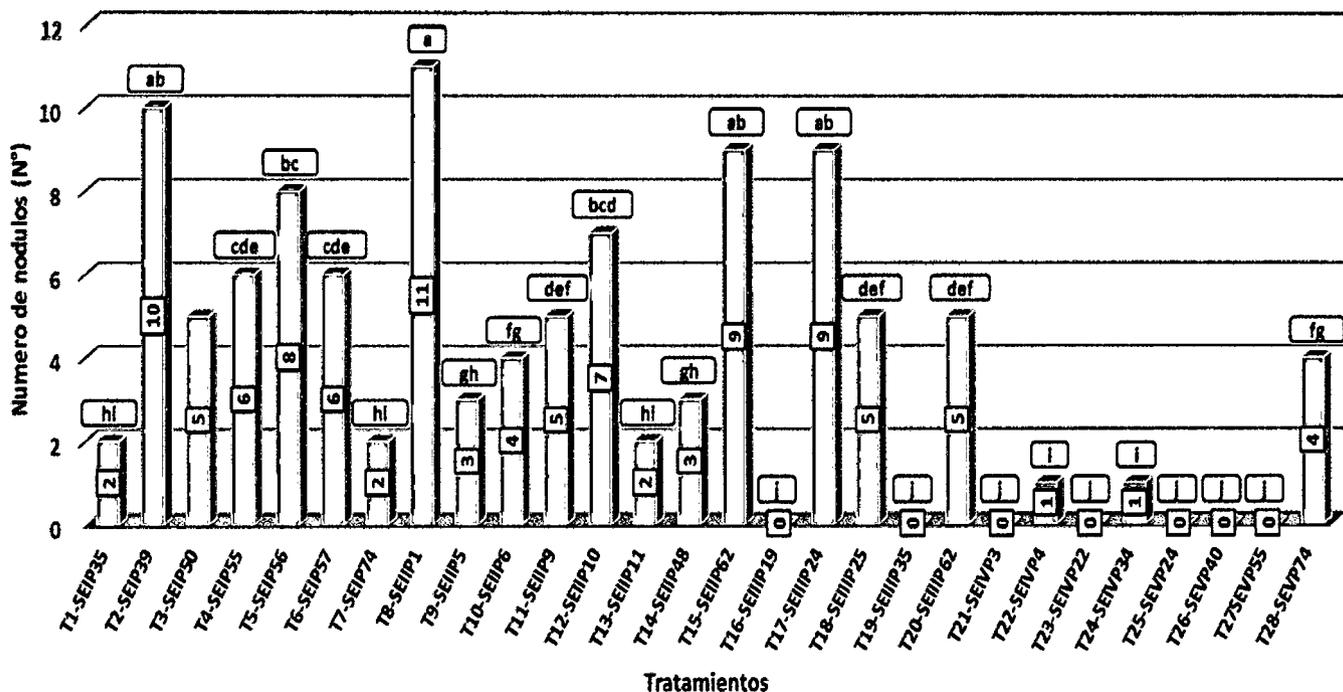


Figura 47: Prueba de Duncan ($p < 0,05$) para número de nódulos en la accesión shica.

5.6.2. Longitud de raíces en la accesión Shica

Cuadro 21: Análisis de varianza para longitud de raíces

Fuente de variación	G.L	SC	CM	F.cal	Signf.
Tratamientos	27	33 958,808 77	1 257,733 660	117,78	**
Error	56	598,003 530	10,67863		
Total	83	34 556,812 30			

N.S= No significativo *=Significativo **= Altamente significativo
 $R^2 = 98,27\%$ C.V = 11,98 % Promedio = 27,28

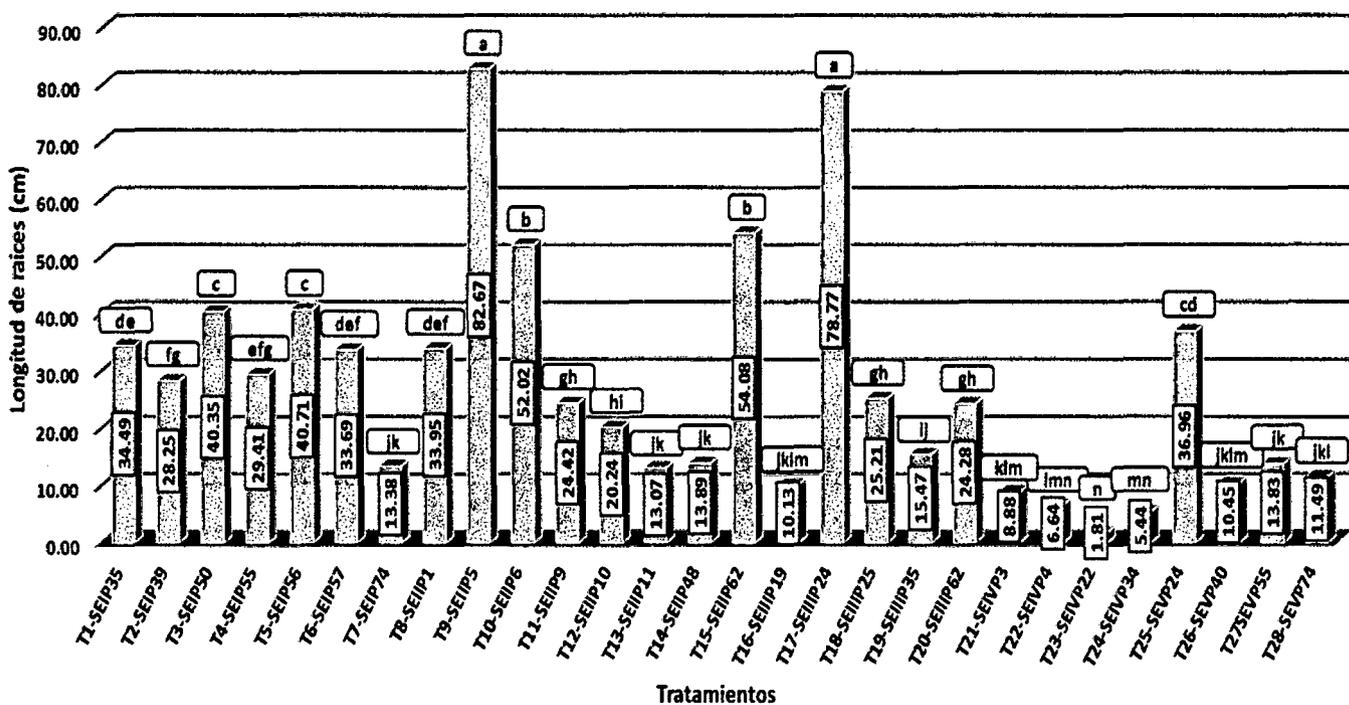


Figura 48: Prueba de Duncan ($p < 0,05$) para longitud de raíces en la accesión shica.

5.6.3. Número de nódulos en la accesión Mishquiyacu

Cuadro 22: Análisis de varianza para el numero de nódulos

Fuente de variación	G.L	SC	CM	F.cal	Signf.
Tratamientos	28	194,173 023 0	6,934 750 8	206,10	**
Error	58	1,951 600 0	0,033 648 3		
Total	86	196,124 623 0			

$R^2 = 99\%$ C.V = 6,85% Promedio = 8,92
 N.S = No significativo * = Significativo ** = Altamente significativo

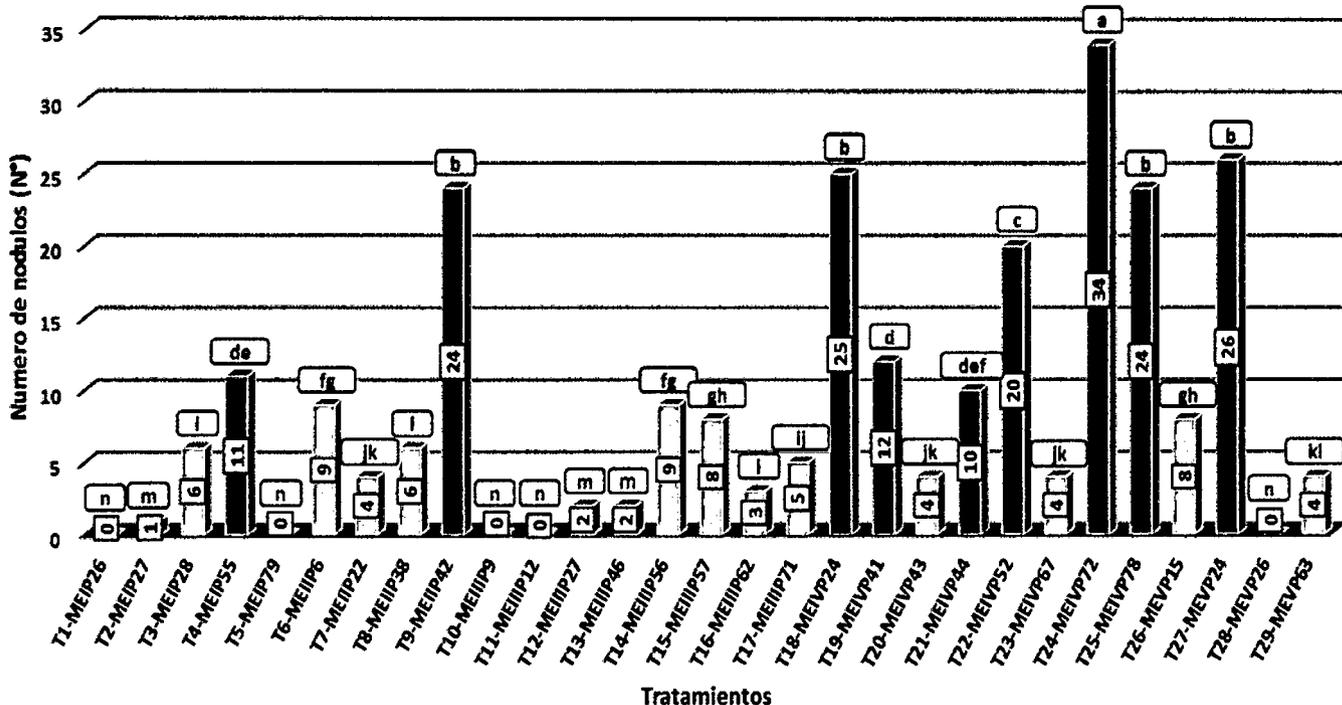


Figura 49: Prueba de Duncan ($p < 0,05$) para número de nódulos en la accesión Mishquiyacu.

5.6.4. Longitud de raíces en la accesión Mishquiyacu

Cuadro 23: Análisis de varianza para longitud de raíces

Fuente de variación	G.L	SC	CM	F.cal	Signf.
Tratamientos	28	111 877,698 6	3 995,632 1	668,46	**
Error	58	346,689 5	5,9764		
Total	86	112 224.388 1			
$R^2 = 99,69 \%$		$C.V = 5,26 \%$		Promedio = 46,5	
N.S = No significativo		* = Significativo		** = Altamente significativo	

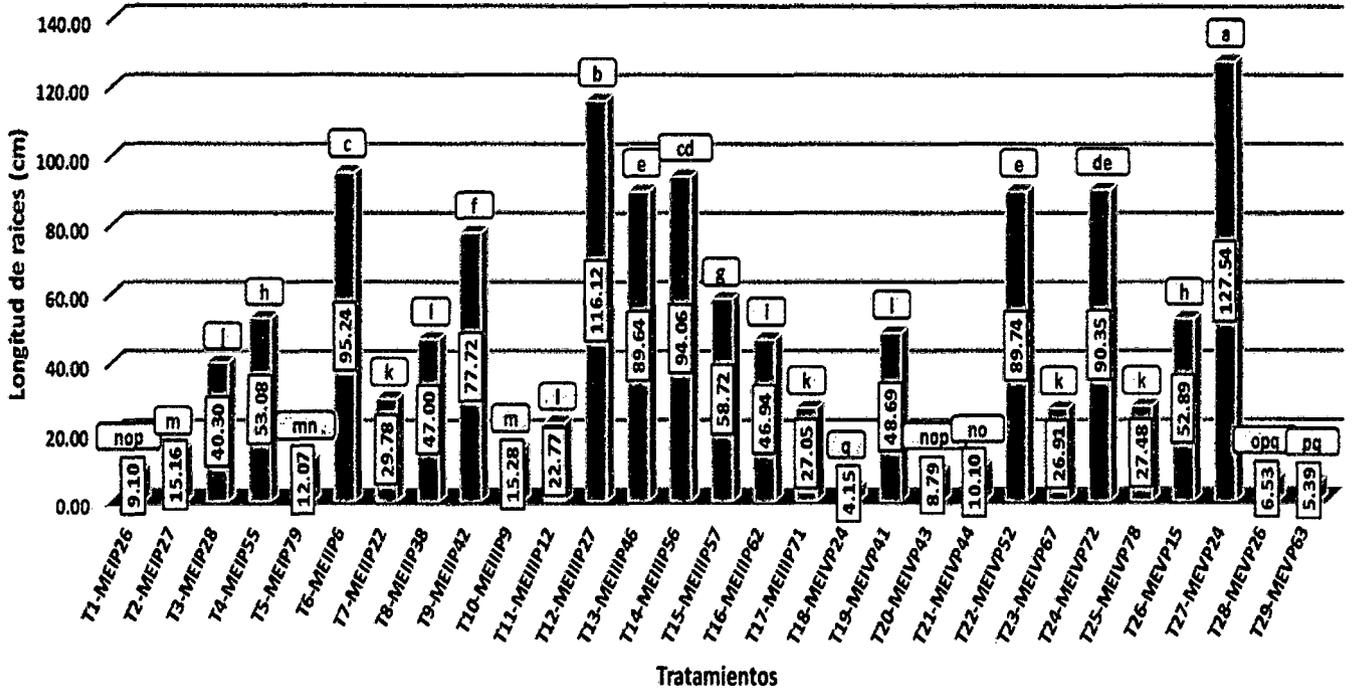


Figura 50: Prueba de Duncan ($p < 0,05$) para longitud de raíces en la accesión Mishquiayacu.

VI. DISCUSIONES

6.1. Selección negativa.

Se realizó la selección negativa a 10,34 % en la accesión Shica y 10,64 % en la accesión Mishquiyacu, eliminando 8 plantas por estrato **cuadro 10**, para ello se tuvo en cuenta el estado fisiológico de la planta (vigor, sanidad y altura), tal como lo plantea **Gardner 1961**, posteriormente ha ido modificándose con otros fitomejoradores pero que no varía en los objetivos el cual es seleccionar las mejores plantas de una parcela sub dividida en estratos.

6.2. Fenología de las dos accesiones en estudio.

Para determinar los estadios fenológicos se desarrollaron evaluaciones minuciosas por planta en cada accesión en estudio.

En las **figuras 25 y 26** se muestra el periodo fenológico de las dos accesiones en estudio desde el inicio de floración hasta el inicio de cosecha, donde se puede ver que existen diferencias en inicio y máxima floración, siendo la accesión Mishquiyacu que tuvo atraso en los dos primeros estadios (71 a 108 ddt), respecto a la accesión Shica (63 a 98 ddt), en los demás periodos fenológicos no existe una diferencia entre las accesiones en estudio, el inicio de fructificación se da a los 100 ddt, maduración a los 219 a 220 ddt y la cosecha entre los 229 a 230 ddt, esta información se contradice con **Arévalo, 1995**, donde reporta que el inicio de

floración se inicia aproximadamente a los 90 días, el inicio de fructificación a los 120 ddt, maduración 205 ddt y la cosecha se realiza a los 225 ddt, así mismo no tiene relación con **Manco 2006**, donde indica que entre 86 y 139 ddt, inicia la floración, fructificación se da entre los 119 a 182 ddt y la cosecha se realiza entre los 202 a 249 ddt.

6.3. Selección de poblaciones mejoradas de sachá inchi por rendimiento

6.3.1. Selección de poblaciones mejoradas de Sachá Inchi - accesión Shica.

En las **Figuras 27 al 36**, se muestran los datos comparativos entre los valores máximos, mínimos y promedio general de 10 variables evaluadas en el primer ciclo de selección masal representada por todos los datos acumulados de las plantas que lograron alcanzar el proceso de selección y las plantas seleccionadas luego de realizar el análisis para la obtención de frecuencias según los rangos establecidos. Los datos muestran que para los valores mínimos y promedio general existe variación de los resultados, en donde se obtuvo mayores ganancias absolutas de las plantas seleccionadas sobre los resultados a nivel acumulado para los valores mínimos y promedio general de las plantas totales existentes antes de realizar la selección. En función al rendimiento, ya que es la variable principal de selección, se alcanzó para el promedio general un valor de 657,69 kg/ha/6 meses para todas las plantas antes de la selección, siendo

superado por el promedio general con un valor de 1 177,69 kg/ha/6 meses para las plantas seleccionadas.

La variable principal significativa para la selección de las mejores plantas es el rendimiento en kg/ha/Año. Por tal motivo se determinó rangos según los valores máximos, mínimos, e intervalos en función al número de datos para los rendimientos obtenidos en esta accesión por planta. De ello se pudo determinar 9 intervalos de distribución de las cuales se clasificaron 9 rangos de dispersión para el rendimiento que dio resultado a grupos de poblaciones en función a las frecuencias generadas. De ella considerando el factor índice de selección planteada al inicio (10 % = 40 plantas por accesión de un total de 400), se realizó la selección respectiva con un índice de selección de 8,19 % que representan 28 plantas de 342; esto debido a la agrupación y rango que se obtuvo considerando que debe estar lo más próximo al índice de selección propuesta al inicio del estudio.

Para el análisis del **Cuadro 16**, las correlaciones entre el rendimiento (Variable dependiente) y el resto de variables (Independientes), nos muestran que para los valores positivos (PERFECTA), existe relación directamente proporcional indicando que si existió influencia de las variables que muestran estos resultados en el rendimiento obtenido (Número de cápsulas, peso total de cápsulas, peso de cáscara, peso de semillas y rendimiento por planta). Mientras que para las variables con

valores negativos y cercanos a cero (NULA, MEDIA Y BAJA), existe una relación indirectamente proporcional; esto quiere decir que el rendimiento no se ve influenciado por las variables con estos resultados (Diámetro de capsulas, número de semillas por cápsulas, diámetro de semillas y peso de 100 semillas).

6.3.2. Selección de poblaciones mejoradas de Sacha Inchi - accesión Mishquiyacu.

En las **Figuras 37 al 46**, se muestran los datos comparativos entre valores máximos, mínimos y promedio general de 10 variables evaluadas en el primer ciclo de selección masal representada por todos los datos acumulados de las plantas que lograron alcanzar el proceso de selección y las plantas seleccionadas luego de realizar el análisis para la obtención de frecuencias según los rangos establecidos. Los datos muestran que para los valores mínimos y promedio general existe variación de los resultados, en donde se obtuvo mayores ganancias absolutas de las plantas seleccionadas sobre los resultados a nivel acumulado para los valores mínimos y promedio general de las plantas totales existentes antes de realizar la selección. En función al rendimiento, ya que es la variable principal de selección, se alcanzó para el promedio general el valor de 797,54 kg/ha/6 meses para todas las plantas antes de la selección, siendo

superado por el promedio general con el valor de 1 441,63 kg/ha/6 meses para las plantas seleccionadas.

La variable principal significativa para la selección de las mejores plantas es el rendimiento en kg/ha/Año. Por tal motivo se determinó rangos según los valores máximos, mínimos, e intervalos en función al número de datos para los rendimientos obtenidos en esta accesión por planta. De ello se pudo determinar 9 intervalos de distribución de las cuales se clasificaron 9 rangos de dispersión para el rendimiento que dio resultado a grupos de poblaciones en función a las frecuencias generadas. De ella considerando el factor índice de selección planteada al inicio (10 % = 40 plantas por accesión de un total de 400), se realizó la selección respectiva con un índice de selección del 8,9 % que representan 29 plantas de 326; esto debido a la agrupación y rango que se obtuvo considerando que debe estar lo más próximo al índice de selección propuesta al inicio del estudio.

Para el análisis del **Cuadro 18**, las correlaciones entre el rendimiento (Variable dependiente) y el resto de variables (Independientes), nos muestran que para los valores positivos (PERFECTA), existe relación directamente proporcional indicando que si existió influencia de las variables que muestran estos resultados en el rendimiento obtenido (Número de cápsulas, peso total de cápsulas, peso de cáscara, peso de semillas y rendimiento por planta). Mientras que para las variables con

valores negativos y cercanos a cero (NULA, MEDIA Y BAJA), existe una relación indirectamente proporcional; esto quiere decir que el rendimiento no se ve influenciado por las variables con estos resultados (Diámetro de cápsulas, número de semillas por cápsulas, diámetro de semillas y peso de 100 semillas).

6.3.3. Características de las accesiones estudiadas

El **cuadro 19**, muestra las características agronómicas sobresalientes en el primer ciclo de selección masal en las dos accesiones en estudio, señalando para el presente estudio resultados como diámetro de Cápsula (4,98 cm), diámetro de Semilla (1,91 cm), Cascara (46 %), Semilla (54 %), Peso 100 semillas (117,06 g) y rendimiento al 1° año de 2 508,75 kg todo esto en la accesión Shica, así mismo para la accesión Mishquiyacu tenemos diámetro de Cápsula (5,05 cm), diámetro de Semilla (1,98 cm), Cascara (46,3 %), Semilla (53,7 %), Peso 100 semillas (118,37 g) y rendimiento al 1° año 3 038,03 kg. Otros estudios como el de **Cachique et al., 2008**, donde menciona que la accesión Shica tiene las siguientes características diámetro de Cápsula (4,38 cm), diámetro de Semilla (1,79 cm), Cascara (47,7 %), Semilla (52,3 %), Peso 100 semillas (93,16 g) y rendimiento al 1° año de 1 590,87 kg, de esta manera la accesión Mishquiyacu tiene las siguientes características diámetro de Capsula (4,50 cm), diámetro de Semilla (1,91 cm), Cascara (43,56 %), Semilla (56,44 %), Peso 100 semillas

(104,85 g) y rendimiento al 1° año de 2 025,26 kg. Así mismo **Manco, 2006**, establece que alrededor del 52 – 55 % es semilla seca y el 48 – 45 % es cascara y el rendimiento esta entre 0,7 – 2,0 t/ha/año, por consiguiente se manifiesta que con el presente trabajo de investigación se obtuvo mejores características biométricas y lo más importante, mayor rendimiento en las dos accesiones en estudio.

6.4. Ensayo de tolerancia al nematodo del nudo

6.4.1. Número de nódulos en la accesión Shica

El análisis de varianza (ANVA) al 5 % de error mostrado en el **Cuadro 20**, indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios del número de nódulos, mostrando un coeficiente de determinación (R^2) de 95,08 %, esto indica que la inoculación de nematodos se vio influenciada por la selección de plantas realizadas mostrando de esta forma la tolerancia y susceptibilidad respectivamente en cada una de ellas; así mismo el coeficiente de variabilidad (C.V) con 13,13 %, indica que los resultados obtenidos se encuentran en los rangos aceptables para el estudio **calzada, 1982**.

Para seleccionar las mejores plantas en rendimiento y tolerancia al nematodo del nudo se empleó la prueba de rango múltiple Duncan ($P=0,05$), en la **Figura 47**, se observa que el T8 obtuvo mayor promedio en número

de nódulos (11), demostrando así mayor susceptibilidad en comparación a los demás tratamientos en estudio, así mismo los tratamientos T16, T19, T21, T23, T25, T26, Y T27 obtuvieron menor número de nódulos (00 número de nódulos), indicando altas posibilidades que estas plantas sean tolerantes al nematodo *Meloidogyne incognita*, de tal forma que se seleccionaron las mejores 20 plantas probables tolerantes al nematodo; estas se encuentran en los rangos de 0,00 – 5 número de nódulos promedio (Barras color azul), las plantas no seleccionadas se encuentran en un rango de 6 – 11 número de nódulos promedio (barras color rojo), este resultado es inferior a lo observado por **Márquez - Dávila, et al., 2013**, que indica que el promedio de número de nódulos para la accesión Shica es 24, considerando que el trabajo fue realizado con material biológico no mejoradas, facilitadas por el banco de germoplasma del programa Sacha inchi del IIAP-San Martín y para los resultados obtenidos en el presente estudio se demuestra que existe probable tolerancia al nematodo del nudo ya que se obtuvo un promedio de 3,74 nódulos debido a que se evaluaron plantas mejoradas y sometidas a un primer ciclo de selección masal.

6.4.2. Longitud de raíces en la accesión Shica

El análisis de varianza (ANVA) al 5 % de error mostrado en el **Cuadro 21**, indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de longitud de raíces, mostrando un coeficiente de determinación (R^2) de

98,27 % que demuestra que existe relevancia de las plantas seleccionadas en los resultados de longitud de raíces en las plantas evaluadas de Sacha Inchi, así mismo el coeficiente de variabilidad (C.V) es de 11,98 %, indica que los resultados obtenidos se encuentra en los rangos aceptables para el estudio **calzada, 1982**.

En la **Figura 48**, la prueba de comparación Duncan ($P=0,05$), de confiabilidad nos indica que los T9, T17 obtuvieron mayor longitud de raíces con 82, 67, 78, 77 en promedio respectivamente, superando a los demás tratamientos en estudio. Los tratamientos que obtuvieron menor promedio en longitud de raíces y siendo estos superados por el resto fueron el T23 y T24 con 1,81 y 5,44 en promedio cada uno. Por lo tanto los resultados obtenidos en estas dos variables nos permiten manifestar que en su mayoría la relación longitud de raíces y número de nódulos es inversamente proporcional es decir a mayor longitud de raíces menor número de nódulos.

6.4.3. Número de nódulos en la accesión Mishqilyacu

El análisis de varianza (ANVA) al 5 % de error mostrado en el **Cuadro 22**, indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios del número de nódulos, mostrando el coeficiente de determinación (R^2) de 99 % que demuestra que la inoculación de nematodos influyó en la formación de nódulos en las plantas evaluadas de Sacha Inchi para los

resultados obtenidos, así mismo el coeficiente de variabilidad (C.V) es de 6,85 %, indica que los resultados obtenidos se encuentra en los rangos aceptables para el estudio **calzada, 1982.**

La prueba del rango múltiple Duncan ($P=0,05$), en el **Figura 49**, se observa que el T24 obtuvo mayor promedio de número de nódulos (34), demostrando así mayor susceptibilidad en comparación a los demás tratamientos en estudio, así mismo los tratamientos T1, T5, T10, T11 Y T28 obtuvieron menor número de nódulos (00 número de nódulos), indicando altas posibilidades que estas plantas sean tolerantes al nematodo *Meloidogyne incognita*, de tal forma que se seleccionaron las mejores 20 plantas probables tolerantes al nematodo; estas se encuentran en los rangos de 0,00 – 9 número de nódulos promedio (Barras color azul), las plantas no seleccionadas se encuentran en rango de 10 – 34 número de nódulos promedio presentadas de color rojo, este resultado es inferior a lo observado por **Márquez - Dávila, et al., 2013**, que indica que el promedio de número de nódulos para la accesión Mishquiyacu es 22, considerando que el trabajo fue realizado con material biológico no mejoradas, facilitadas por el banco de germoplasma del programa Sacha inchi del IIAP-San Martín y para los resultados obtenidos en el presente estudio se demuestra que existe probable tolerancia al nematodo del nudo ya que se obtuvo un promedio de 8,92 nódulos debido a que se evaluaron plantas mejoradas y sometidas a un primer ciclo de selección masal.

6.4.4. Longitud de raíces en la accesión Mishquiyacu

El análisis de varianza (ANVA) al 5 % de error mostrado en el **Cuadro 23**, indica que existen diferencias altamente significativas entre los promedios de longitud de raíces, mostrando un coeficiente de determinación (R^2) de 99,69 % que demuestra que existe relevancia de las plantas seleccionadas en los resultados de longitud de raíces en las plantas evaluadas de Sacha inchi, así mismo el coeficiente de variabilidad (C.V) es de 5,26 %, resultado que indica que los datos obtenidos se encuentran dentro de los rangos aceptables para el estudio **calzada 1982**.

En la **Figura 50**, la prueba de comparación Duncan ($P=0,05$), de confiabilidad nos indica que los T27 obtuvo mayor longitud de raíces con 127,54, superando a los demás tratamientos en estudio. Los tratamientos que obtuvieron menor promedio en longitud de raíces y siendo estos superados por el resto fueron el T18, T29 y T28 con 4,15, 5,39 y 6,53 en promedio cada uno. Por lo tanto los resultados obtenidos en estas dos variables nos permiten manifestar que en su mayoría la relación de longitud de raíces y número de nódulos es inversamente proporcional es decir a mayor longitud de raíces menor número de nódulos.

VII. CONCLUSIONES

- 7.1. Se eliminó las plantas menos vigorosas por medio de la selección negativa, siendo la intensidad de selección en la accesión Shica y Mishquiyacu de 10,34 % y 10,64 %, eliminando 40 plantas en cada parcela de investigación.
- 7.2. Se evaluó el desarrollo de las plantas, obteniéndose el periodo fenológico de las dos accesiones en estudio, siendo así el inicio y máxima floración en la accesión Shica a los 60 y 108 dds, inicio y máxima fructificación a los 100 y 110 dds, maduración a los 220 dds y la cosecha a los 231 dds, de la misma forma la accesión Mishquiyacu con algunos días de retraso, siendo en el inicio y máxima floración a los 68 y 108 dds, inicio y máxima fructificación a los 100 y 110 dds, maduración a los 219 dds y la cosecha a los 231 dds.
- 7.3. Luego del proceso de evaluaciones de las múltiples variables comprendidas en la investigación se efectuó la selección de las mejores plantas por rendimiento en cada accesión, quedando 28 plantas en la accesión Shica con una intensidad de selección de 8,19 % y 29 plantas en la accesión Mishquiyacu con una intensidad de selección de 8,9 %. Además se obtuvo 1 177,69 kg/ha/6meses y 1 441,63 kg/ha/6meses en rendimiento en la accesión Shica y Mishquiyacu.

7.4. Finalmente se desarrolló la clasificación de las mejores plantas en rendimiento y tolerancia al nematodo *Meloidogyne incognita*, seleccionando 20 plantas en la accesión Shica y 20 plantas en la accesión Misquiyacu.

VIII. RECOMENDACIONES

Estos resultados de la primera etapa de mejoramiento y resistencia es el primer paso para incentivar y continuar con estudios en las demás etapas con enfoque de difundir una variedad de sachá inchi. En función a los resultados presentados se puede definir algunos puntos que pueden ser abordados a futuro.

- 8.1. Continuar el trabajo de investigación con la segunda etapa de selección masal estratificada con el propósito de tener una variedad de Sachá inchi en un mediano plazo, así mismo complementar con investigaciones en condiciones naturales con las plantas seleccionadas por rendimiento y tolerancia al nematodo *Meloidogyne incognita*, a fin de buscar respuestas fisiológicas en condiciones no controladas.
- 8.2. En la etapa del ensayo a resistencia a nematodos evaluar y tener en cuenta más variables como por ejemplo área foliar, altura de plantas, diámetro de tallo entre otros, con la finalidad que la selección de las plantas más tolerantes al nematodo se realice con mayor precisión y exactitud.
- 8.3. Realizar el mismo trabajo de investigación con los mismos ecotipos en distintos lugares de la Región San Martín, con la finalidad de obtener respuestas a distintas condiciones ambientales.

- 8.4.** Complementar el presente trabajo realizando los ensayos de extracción de omega 3, 6 y 9 en las dos accesiones en estudio respectivamente, a fin de conocer los porcentajes de ácidos grasos esenciales en la primera etapa de mejoramiento y resistencia a nematodos.
- 8.5.** Continuar con los trabajos de investigaciones en las accesiones Shica y Mishquiyacu ya que presentan características promisorias así mismo el Sacha inchi se encamina a ser un cultivo alternativo más en la Región San Martín.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agrios, G. N. 2005 "Fitopatología". Pág.734 – 745. Editor UTEHA; 5º Edición; Balderas - México 1995.
- Andrade, H. 1998. Plan de mejoramiento de papa. INIAP. PNRT-Papa, FORTIPAPA. Quito Ecuador. 50 pp.
- Arévalo, G. 1996. El Cultivo del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L) en la Amazonía. Instituto Nacional de Investigación de Extensión
- Arévalo, G. 1989 – 1995. "Informes de Resultados de Investigación". Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología E.E. "El Porvenir."
- Arévalo, G. 1996. "El Cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia Volúbilis* L.), en la Amazonía". Instituto de Investigación Agraria, Proyecto Suelos Tropicales. Lima, Perú. 68 p.
- Bussmann, R.; Tellez, C y A. Glenn. *Plukenetia huayllabambana* sp. nov. (Euphorbiaceae) from the upper Amazon of Perú. Nordic Journal of Botany, v.27, n.4, p.313-315, 2009.
- Bussmann, R.; Paniagua, N y C. Tellez. *Plukenetia carolis-vegae* (Euphorbiaceae) - A new useful species from Northern Peru. Economic Botany, v.67, n.4, p.387-392, 2013.
- Brauer, O.1969. Fotogenética Aplicada. Editorial-Limusa S.A. México. 2 p.
- Brown, H y R. Kerry, 1987. Principles and Practice of Nematode Control in Crops. Academic Press. 447pp.

- Cachique, D. 2007. Avances del sub proyecto "Obtención de líneas mejoradas de sachá Inchi en San Martín". Tarapoto, Perú. Programa de Ecosistemas Terrestres. IIAP. 7 pp.
- Cachique, D.; Vásquez, G.; Merino, C y V. Sotero. 2008. Avances en identificación de genotipos de "Sachá inchi", (*Plukenetia volubilis* L.), con características deseables y sobresalientes. Reporte técnico. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIAP-San Martín. 33pp.
- Cachique, D.; Rodríguez, A.; Ruiz-Solsol, H.; Vallejos, G y R. Solís. 2011. Propagación vegetativa del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación en la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica* 20 (1-2): 95 - 100.
- Calzada, B. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación.
- Caswell E.; de Frank, J.; Apt W y C-S. Tang. 1991. Influence of nonhost plants on population decline of *Rotylenchulus reniformis*. *Journal Nematology* 23:91- 98.P.
- Chitwood, B. G. 1999. The english word "Nema" revised. *Nematology News Letter* Dec. 4(45):1619.P.
- Chitwood, B. G 1949. "Root-Knot nematode. Part I. a revision of the genus *Meloidogyne* Goeldi". Pág. 90 – 104.
- Corazón-Guivin, M.; Rodríguez, A.; Cachique, D.; Chota, W.; Vásquez, G.; Del Castillo, D.; Renno, J y C. García-Dávila. 2008. Diversidad genética en Poblaciones naturales de sachá inchi – *Plukenetia volubilis* L. En el departamento de San Martín. *Folia Amazónica* 17 (1-2): 83-90.
- Corazón-Guivin, M.; Castro-Ruiz, D.; Chota-Macuyama, V.; Rodríguez, A.; Cachique, D.;

- Manco, E.; Del Castillo, D.; Renno, J y C. García-Dávila. 2009. Caracterización genética de accesiones San martinenses de Banco Nacional de Germoplasma de sachá inchi – *Plukenetia volubilis* L. (E.E. El Porvenir - INIA). Folia Amazónica 18 (1-2): 23-31.
- Cruz, M. 2013. Fenología y rendimiento de 5 accesiones de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) propagado por enraizamiento de estaquillas en la localidad de Bello Horizonte. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. 68 pp.
- Díaz, P.; Tello, C y L. Arévalo. 2014. Efecto del uso de tutores y aplicación de biofertilizantes en el crecimiento y desarrollo de *Plukenetia volubilis* L. "Sachá inchi" , v.130, p. 119-130.
- García, L. 2014. Conservación de semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. 64 pp.
- Guerrero, J. 2007. Inducción de la embriogénesis somática en hojas inmaduras de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. 81 pp.
- Gillespie, L.J. A revision of paleotropical *Plukenetia* (Euphorbiaceae) including two new species from Madagascar. Systematic Botany, v.32, n.4, p.780-802, 2007.
- Guillén, D.; Ruiz, A.; Cabo, N.; Chirinos, R y G. Pascua. 2003. Characterization of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR Spectroscopy and H NMR. Comparison with linseed oil. Journal of the American Oil Chemistry Society. P. 755 - 762
- Gilchrist, G. 2005. Guía Práctica para la Identificación de Algunas Enfermedades de Trigo y Cebada. Segunda Edición. CIMMYT – México. 48-52 P.

Gutiérrez, F.; Rosada, M y A. Jiménez. 2011. Chemical composition of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y aceites*. 62 (1): 76-83.

Hamaker, R.; Valles, C.; Gilman, R.; Hardmeier, M.; Clark, D.; García, H.; Gonzales, E.; Kohlstad, I.; Castro, M.; Valdivia, R.; Rodríguez, T y M. Lescano. 1992. Amino acid and fatty acid profiles of the inca peanut (*Plukenetia volubilis*). *Cereal Chemistry*. 69: 461-463.

Hernández, R. 2003. Los Nemátodos Parásitos de la Piña, Opciones de manejo. Departamento de Ecología y Manejo de Plagas Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Habana – Cuba. 5P.

Iniea – SUDIRGEB - EEA. "EL PORVENIR, Cultivo de Sacha Inchi_Junio. 2006 avances en identificación de genotipos de "sacha inchi", (*plukenetia volubilis* L.) Con características deseables y sobresalientes.

ITIS-Integrated Taxonomic Information System

<http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=845447> [Consulta:19 de diciembre del 2014 a las 10.30 am]

Lastres, J.; Arguello, M y F. Rueda. 2007. "M.I.P de Cucurbitaceas". Pág. 30 – 40; 1º Edición; Costa Rica 2007.

Lopez, M. 1995. "Fitomejoramiento" Editorial.Trillas S.A. México DF. 172 p.

Manco, E. 2006. "Cultivo de Sacha Inchi". Estación Experimental Agraria "El Porvenir", INIEA. Tarapoto. 11 p.

- Manco, E. 1996 – 2003. “Informes de resultados de investigación, Programa Nacional de Investigación en recursos Genéticos y Biotecnología” EE. El Porvenir INIA – Tarapoto
- Manco, E. 2004. “Sacha Inchi, planta prometedora de la Amazonía Peruana”. El Porvenir Agrario, INIEA – Tarapoto.
- Márquez - Davila, K.; Cayotopa, J.; Arévalo, E.; Vivanco, U y J. Arévalo. 2007. Diagnóstico y niveles de inóculo del nematodo que afecta a la raíz de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en el Perú. Fitopatología Vol. 42. N° 2: 52.
- Mc-bride, J. 1951. “Euphorbiaceae. In Flora of Peru. Botanical” series vol. 13, part. III. Field Museum History, 115-118 p.
- Merino, Z.; Sotero, E.; Del Castillo, D.; Vásquez, G.; Cachique, D y G. Vásquez - Ocmín. 2008. Caracterización química de nueve ecotipos de *Plukenetia volubilis* L. de los departamentos de Loreto y San Martín. Folia Amazónica. 17(1-2):39-45.
- Molina, G. 1980. Selección masal para resistencia en sequía a maíz. Agrociencia 42:69-76
- Molina, G. 1983. Selección masal visual estratificada en maíz. Talleres gráficos de la nación. México. 35 pp.
- Noriega, H. 2009. Estudios de compatibilidad de 5 ecotipos promisorios de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la región San Martín. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo – Universidad Nacional de San Martín. 65 pp.
- Novak, F y H. Brunner.1992. Plant breeding: Induced mutation technology for crop improvement IAEA bulletin, 4: 25-33p.



- Proyecto omega. 2002. "El Inca Inchi". Agroindustrias Amazónicas. Boletín Técnico. Lima – Perú. 6 p
- Rodríguez, A.; Corazón-Guivín, M.; Cachique, D.; Mejía, K.; Del Castillo, D.; Renno, y C. García-Dávila. 2010. Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter Simple Sequence Repeats) de especies del género *Plukenetia* (Euphorbiaceae) de la Amazonía Peruana: Propuesta de una nueva especie. *Revista Peruana de Biología* 17 (3): 325-330.
- Roman, J. 1978. *Fitonematología Tropical*. Univ. Puerto Rico. Agric. Exp. Sta. Río Piedras. 256 P.
- Ruiz, M. 2008. "Fitomejoramiento" Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto 70 p.
- Ruiz - Solsol, H y F. Mesén. 2010. Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *Agronomía Costarricense* 34(2): 259-267.
- Suárez, Z. y L. 1998. Nemátodos asociados a los frutales de importancia y su control. II: frutales anuales. 1998 *FONAIAP Divulga*. 60:38-41.
- Talavera, M. 2003. "Manual de Nematología Agrícola – Introducción al Análisis y al Control Nematológico para Agricultores y Técnicas de Agrupaciones de Defensa Vegetal". Institut de Recerca i Formació agrària i pesquera. Conselleria d' Agricultura i Pesca de les illes Balears. Pág. 1 – 9. Brasil 2003.
- Torres, L. C 2003 – "Principales Nematodos Fitoparásitarios" Pág. 1 – 3; Editor SENASA. 1º Edición; Lima - Perú 2003.
- Valiente, AR 1997. Nemátodos asociados con el cultivo de la piña. ABC Color Rural, Asunción, Paraguay. Agosto 15 .5.P.