



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).  
Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORÍL**



**TESIS:**

**“BIOLOGÍA FLORAL Y REPRODUCTIVA DE *Plukenetia volúbilis* L. ( EUPHORBIACEAE)- (SACHA INCHI)”**

**PRESENTADO POR: BACH. DANTER CACHIQUÉ HUANSI**

**PARA OPTAR ÉL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**TARAPOTO**

**2 006**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORÍL**

**ÁREA DE MEJORAMIENTO Y PROTECCIÓN DE CULTIVOS**



**"ESTUDIO DE LA BIOLOGÍA FLORAL Y REPRODUCTIVA EN EL CULTIVO DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.)"**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**DANTER CACHIQUE HUANSI**

**SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL SIGUIENTE JURADO:**

  
-----  
Ing. MSc. Armando Duval Cueva Benavides  
PRESIDENTE

  
-----  
Ing. Eybis José Flores García  
MIEMBRO

  
-----  
Ing. MSc. Javier Ormeño Luna  
SECRETARIO

  
-----  
Blgo. MSc. Winston Franz Ríos Ruíz  
ASESOR

## I.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en los últimos años ha venido tomando importancia económica e industrial en el mercado internacional por su alto contenido de ácidos grasos esenciales (ácido linolénico, linoleico, y oleico, conocidos como omega 3, 6 y 9 respectivamente) y vitamina E en cantidades elevadas, con respecto a semillas de otras oleaginosas, **Manco (2003)**.

En el Perú se le encuentra en estado silvestre en diversos lugares : San Martín, Ucayali, Huanuco, Amazonas, Loreto, Cuzco y Madre de Dios.

En San Martín se encuentra en toda la cuenca del Huallaga, en las Provincia de Lamas, en el valle del Sisa, en Alto Mayo y Bajo Mayo.

En 1989 el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA), en la Extensión Experimental Agraria “El Porvenir, inicia las investigaciones en Sacha Inchi (*Plukenetia volúbilis* L) con la colecta de 06 accesiones, conservándose actualmente 39, las cuales han sido evaluadas y caracterizadas en condiciones de conservación Ex Situ.

En la Región San Martín, la producción de Sacha Inchi se realiza en forma tradicional, se disponen de materiales genéticos promisorios con altos contenidos de aceite, pero tienen bajos rendimientos y altamente susceptibles a *Meloidogyne spp.*, principal problema fitosanitario que ocasiona elevada mortandad de plantas al segundo año de producción.

Asimismo se han reportado daños considerables por *Fusarium spp.*, en estado de plántula y en plantas adultas asociadas a daños ocasionados por el complejo *Meloidogyne- Fusarium*.

Por lo que es indispensable implementar las investigaciones en mejoramiento genético, manejo agronómico, resistencia a plagas y enfermedades, resistencia a la humedad y al stress hídrico; a su vez se implementará también las investigaciones en agroindustria.

La presente tesis se realizó con el propósito de conocer la biología floral y reproductiva del cultivo, para la ejecución de futuros proyectos relacionados al mejoramiento de esta especie, de manera que se puedan obtener variedades altamente productivas con altos contenidos de aceites y que se puedan competir en la industria de aceites en el mercado nacional e internacional.

## II.

## OBJETIVOS

2.1 Evaluar la morfología y el ciclo floral del cultivo de sachá inchi (*Plukenetia volúbilis* L).

2.2 Identificar el momento de maduración de anteras y la receptividad estigmática.

2.3 Estudiar los mecanismos de polinización y/o visitantes florales.

2.4 Determinar el sistema de reproducción sexual (Alogamia y/o Autogamia).



### III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Origen y Distribución Geográfica.

El género ***Plukenetia*** comprende 17 especies de distribución pantropical, 12 de América, 03 en África, 01 en Madagascar y una de Asia (**Gillespie, 1993**).

En el Perú se le encuentra en estado silvestre en diversos lugares de San Martín, Ucayali, Huanuco, Amazonas, Cuzco, Loreto y Madre de Dios. 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. Crece desde los 100 hasta los 2000 m.s.n,m (**Valles, 1995**).

#### 3.2. Clasificación Botánica.

**Mcbride (1990)**, lo clasifica :

Reino : Plantae

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Euphorbiales

Familia : Euphorbiaceae

Género : *Plukenetia*

Especie : *Plukenetia volúbilis* Linneo.

### 3.3. Morfología General.

**Manco (2003)**, Indica que es una planta trepadora, voluble, semileñosa, de altura indeterminada. Sus hojas son alternas, de color verde oscuro, oval – elípticas, aseruladas y pinnitinervias, de 09 – 16 cm. de largo y 06 – 10 cm. de ancho. El ápice es puntiagudo y la base es plana o semi arriñonada.

**Arévalo (1989-1995)**, menciona que se trata de una planta hermafrodita, con flores masculinas y pistiladas; las primeras son pequeñas, blanquecinas, y dispuestas en racimos, las otras se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores. Podría tratarse de una planta autógena, pues observo muchas semejanzas entre plantas de una misma accesión así como de una accesión a otra, las diferencias entre caracteres fenotípicas son pocas pero notorias.

**Manco (2003)**, indica que el fruto es una cápsula, de 3,5 a 4,5 cm. De diámetro, con 04 lóbulos aristados (tetralobados), dentro de los cuales se encuentran 4 semillas. Excepcionalmente, algunos ecotipos presentan cápsulas con 5 a 7 lóbulos.

**Proyecto Omega (2002)**, hace referencia que el aceite de sacha inchi, tiene mayor contenido de omega 3 en comparación con otras oleaginosas utilizadas para el consumo humano; contiene 93,6 % de ácidos grasos insaturados y tiene el más bajo contenido de ácidos grasos saturados (3.85 % de palmítico y 2.54 % de esteárico).



### 3.4. Ecología.

#### Temperatura :

**Arévalo (1989-1995)**, Crece y tiene buen comportamiento a diversas temperaturas que caracterizan a la Amazonía Peruana (Min. 10 °C y Máx. 36 °C.). Las temperaturas muy altas son desfavorables y ocasionan la caída de flores y frutos pequeños, principalmente los recién formados.

#### Altitud :

**Manco (2003)**: menciona que crece desde los 100 m.s.n.m en la Selva Baja y 2000 m.s.n.m en la Selva Alta.

#### Luz :

**Manco (2003)**, indica que 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.

#### Agua:

**Arévalo (1989-1995)**, hace referencia que s una planta que 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 (850 a 1000 mm). El riego es indispensable en los meses secos. Periodos relativamente prolongados de sequía o de baja de temperatura, causan un crecimiento lento y dificultoso. El exceso de agua ocasiona daño a las plantas e incrementa los daños por enfermedades.

**Suelo :**

**Valles (1995)**, menciona que este cultivo tiene amplia adaptación 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*). Se deben elegir los suelos que posibiliten su mejor desarrollo y productividad.

**Drenaje :**

**Arévalo (1989-1995)**, indica que necesita de terrenos con drenaje adecuado, que eliminen el exceso de agua tanto a nivel superficial como profundo. Para un buen drenaje se debe considerar la textura del suelo, y ésta es importante para el desarrollo del cultivo.

**3.5. Fisiología.****Floración**

**Arévalo (1989-1995)**, indica que la floración, se inicia aproximadamente a los 3 meses de la siembra, luego de realizado el trasplante, apareciendo primero los primordios florales masculinos e inmediatamente los femeninos, en un periodo de 7 a 19 días.

**Manco (2003)**, menciona que el inicio de la floración esta entre los 86 y 139 días después del trasplante y la fructificación ocurre entre los 119 y 182 días después del trasplante.

### 3.6 Formas de Reproducción de las plantas.

#### a. Biología Floral :

**Sevilla y Holle (2004)**, hacen referencia que el manejo de los cultivos durante la colección, conservación regeneración, caracterización y mejoramiento depende de la forma de reproducción de la especie.

El conocimiento de su biología floral, hace mas eficiente el trabajo de los responsables de la conservación del germoplasma.

#### b. Morfología de la Flor :

**Sevilla y Holle (2004)**, indican que el primer paso para definir la forma de reproducción es el análisis morfológico y esta comprende conocer su estructura floral (completas o incompletas).

Una flor completa tiene sépalos, pétalos, estambres y pistilos. Una flor perfecta tiene estambres y pistilos por lo que también se denomina bisexual o hermafrodita. Las flores perfectas se dividen en dos grupos :

##### **Cleistógamas :**

Cuando las flores no abren en el momento de la polinización, de manera que los gametos masculinos fertilizan óvulos de la misma flor.

##### **Casmógamas :**

Cuando las flores se abren durante la polinización.

Una flor incompleta, es cuando falta uno de sus órganos florales, como es el caso de las gramíneas (no existe pétalos ni sépalos).

**c. Escalas de Desarrollo de la Morfología Floral**

**Torres (1992)**, menciona que para elaborar escalas de desarrollo en flores de angiospermas es necesario, conocer los estadios que presenta y sus características respectivas. Para ello es necesario empezar primero por el análisis morfométrico lo que permitirá conocer características florales típicas.

**d. Mecanismos de polinización :**

**Sevilla y Holle (2004)**, indican que la forma como se dispersa el polen define dichos mecanismos. La dispersión del polen se hace por medios bióticos (insectos, aves y murciélagos) o abióticos (aire, agua o por gravedad).

**e. Alogamia o Autogamia :**

Se entiende como alogamia a la reproducción entre progenitores que son genéticamente distintos y autogamia por progenitores genéticamente iguales. Para determinar ambos casos se debe analizar primero la estructura floral, los mecanismos de polinización, características del polen, población insectil o el efecto de otros agentes polinizantes. **Sevilla y Holle (2004)**.

**f. Agamospermia :**

Es el fenómeno por el cual se produce semilla en forma asexuada sin intervención de gametos. **Torres, (1992)**

**g. Visitantes Florales :**

**Forni (1988)**, menciona que el análisis de la población insectil puede indicar si la población es entomófila o presenta algún otro tipo de mecanismo de polinización (anemófilo, hidrófilo, etc). Es por ello, que se ha propuesto una clave de evaluación de frecuencia de visitas el cual se indica en la parte de anexos.

**h. Apertura floral :**

**Jiménez (2000)**, hace referencia que en algunas otras euphorbiaceas tales como : *Plukenetia penninervia* y *Plukenetia stipellata*, la apertura floral ocurre al amanecer y además los visitantes florales son exclusivamente diurnos.

**i. Receptividad Estigmática .**

**Keans & Inouye (1993)**, sostiene que para determinar el momento de mayor receptividad del estigma en flores de cualquier especie, será necesario introducir el lóbulo del estigma en un tubo capilar con agua oxigenada (peróxido de hidrógeno), en cantidades de 10 a 50 volúmenes durante la antesis.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del Campo Experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en los campos experimentales de la Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología, ubicados en el lote A-1 de la E.E.A. “El Porvenir”, a la altura del Km. 14.5 de la Carretera “Arqto. Fernando Belaúnde Terry” (Tarapoto-Juanjui), durante los meses de Enero a Noviembre del año 2005.

#### Ubicación Geográfica.

Longitud Oeste	:	76° 19'
Latitud Sur	:	6° 35'
Altitud	:	230 m.s.n.m.

#### Ubicación Geográfica.

Distrito	:	Juan Guerra
Provincia	:	San Martín
Región	:	San Martín

### 4.2 Clima

Ecológicamente el área de trabajo se encuentra en la zona de vida de bosque seco tropical (bs-t) en la Selva Alta del Perú. (ONERN, 1992).

### 4.3 Historia del campo experimental

En el año 2001 se asignó a la Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología del INIEA 5 hectáreas en el Lote A-1 de la Estación Experimental “El Porvenir”, para sus diferentes trabajos experimentales.

El terreno donde se realizó el presente trabajo de investigación estuvo en condiciones de barbecho en los 2 últimos años, habiéndose incorporado estiércol de vacuno y ovino en los años 2003 y 2004 para mejorar la estructura del suelo.

**Cuadro 1:** Datos Meteorológicos de Enero a Noviembre del 2005.

Meses	Temperatura °C			H.R %	P.P mm
	Máxima	Media	Mínima		
Enero	34.6	28.4	21.5	75	34.3
Febrero	33.0	27.2	20.9	81	113.5
Marzo	33.1	27.3	21.3	80	69.2
Abril	32.2	26.7	20.9	82	127.0
Mayo	32.8	26.9	20.6	79	36.6
Junio	32.6	26.4	20.2	79	68.9
Julio	32.1	25.5	18.7	77	54.0
Agosto	34.0	26.9	19.1	72	22.4
Septiembre	34.2	27.2	20.1	72	57.9
Octubre	33.3	26.8	21.1	79	140.5
Noviembre	32.8	27.1	21.4	79	209.2
<b>Total</b>					<b>933.75</b>
<b>Promedio</b>	<b>33.2</b>	<b>26.9</b>	<b>20.5</b>	<b>77.7</b>	<b>84.9</b>

**Fuente :** Estación MAP “ El Porvenir “ N° 310 (2005)-SENAMHI

### 4.4 Características de Suelo

El análisis físico-químico del suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos de la E.E.A “ El porvenir “, los resultados del análisis indican que se trata de un suelo de textura arcillosa, de reacción ligeramente alcalina, con un contenido

bajo de nitrógeno y materia orgánica, alto de fósforo y potasio con una relación calcio/ magnesio alto.

**Cuadro N° 2** : Resultados de Análisis físico-químico del suelo

Muestra	Resultados	Interpretación	Método
Arena (%)	26.50	Arcilloso	Hidrómetro
Limo (%)	19.60		Hidrómetro
Arcilla (%)	53.90		Hidrómetro
Materia orgánica (%)	1.99	Bajo	Walkey y Black
Nitrógeno (%)	0.089	Bajo	(Estimado) Olsen
Fósforo (ppm)	16.45	Alto	Modificado Absorción
Potasio (ppm)	281.31	Alto	Atomica
PH	7.30	Lig. Alcalino	Potenciómetro
Ca + Mg ( meq/ 100g suelo)	26.67	Alto	Versenato

**Fuente :** Laboratorio de Suelos INIEA- E.E.A "El Porvenir" (2005)

#### 4.5 Disposición Experimental

En un sistema de tutoraje en espalderas se instalaron 21 plantas de Sacha Inchi por accesión, las cuales fueron distribuidas sistemáticamente, es decir, una accesión después de otra con un distanciamiento de 3 metros entre plantas y 3 metros entre hileras. Pero para los fines del presente estudio solo se seleccionaron cuatro plantas por accesión.



**Cuadro N° 03 :Relación de accesiones en el banco de germoplasma**

<b>N° ORDEN</b>	<b>ACCESIÓN</b>
1	Shilcayo
2	Shilcayo
3	Pinto recodo
4	Pinto recodo
5	Cumbaza
6	Cumbaza
7	Chazuta
8	Moyabamba
9	Leticia
10	Tabatinga
11	San Fernando
12	Barranquita
13	Barranquita
14	Habana
15	Tamishiyacu
16	Nauta
17	Cabalcocha
18	Cabalcocha
19	Santa clara (alto)
20	Santa clara (bajo)
21	Muyuy
22	Muyuy
23	Pacaya
24	Pacaya
25	Río tigre
26	Río tigre
27	Río mamón
28	Río mamón
29	Tambo yaguas
30	Río mamón (alto)
31	Río putumayo (alto)
32	Río mamoncillo
33	Río samiria
34	Río mamón (bajo)
35	Saposa
36	Río Palmira
37	Alto shamboyacu
38	SI-1
39	Si-1

#### 4.6 Diseño y Características del Experimento

En el presente trabajo de investigación se realizó una evaluación estadística no paramétrica, empleando promedios, varianza, rangos, desviación estándar y coeficiente de variabilidad.

##### a. Características del Campo Experimental

Largo	:	96.0 m.
Ancho	:	96.0 m.
Área Total	:	9216.0 m <sup>2</sup>
Nº total de plantas	:	819
Nº total de plantas evaluadas	:	275

##### b. Componentes de Estudio

###### 1. Accesiones :

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se contó con 39 accesiones colectadas a nivel nacional y conservadas en el banco de germoplasma de la Sub Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología.

###### 2. Biología Floral

- Morfología y ciclo floral
- Apertura floral y dehiscencia de anteras
- Receptividad Estigmática
- Visitantes florales.

###### 3. Biología Reproductiva

- Sistemas de reproducción.

## **4.7 Metodología de Evaluación**

### **4.7.1 Proceso de elaboración del programa para la recopilación de datos.**

#### **a.1 Cálculo “a priori” del o los periodos oportunos para la toma de datos de las características a evaluar.**

Este cálculo se determinó en base a consultas bibliográficas y de profesionales, según los cuales se llegó a definir los momentos que se presentarían durante el desarrollo fenológico del cultivo, y principalmente en plantas sembradas en años anteriores al lote de estudio.

#### **a.2 Programación de la rutina por día en la recopilación de datos de las característica cuyos momentos de evaluación coincidan.**

Esta se elaboró con el fin de lograr el mayor número de evaluaciones posibles que se pueda efectuar en una planta.

#### **a.3 Codificación de las características a evaluar.**

Se le asignó un número al órgano vegetal donde se ubica la característica, también a la característica y a su escala evaluativa correspondiente.

### **4.7.2 Métodos de recopilación de datos.**

#### **b.1 Cuadros utilizados en la recopilación de datos**

Luego de la programación de las evaluaciones, se procedió a diseñar cuadros que sirvieran en la recopilación de datos, para el diseño de los cuadros se consideró la singularidad que presentaba cada característica a evaluar.

## **b.2 Descripción de la recopilación de datos por características**

Las características evaluadas en el presente trabajo de investigación inicialmente se fotografiaron, esquematizaron y se describieron.

## **4.8 Conducción del Experimento**

### **4.8.1. Instalación de las Parcelas**

#### **a. Preparación del terreno definitivo**

La preparación del terreno se inició con la incorporación de rastrojos existentes en el suelo mediante el uso de maquinarias, con labores de arado, rastra, nivelación y surcado.

Para el trazado y demarcación del campo experimental se utilizó estacas de madera, cordeles y wincha.

#### **b. Instalación del sistema de tutoraje.**

Se utilizó un sistema de tutoraje en espalderas para lo cual fue necesario colocar postes de quinilla a 50-60 cm. de profundidad, a una distancia de 3 metros por 3 metros, con 3 hileras de alambre galvanizado; la primera a 1.60 metros, la segunda a 40 cm. y finalmente a 80 cm. la tercera.

Además se colocó en los extremos de las hileras en forma inclinada unos postes llamados "templadores" las mismas que dieron resistencia las espalderas, y que estaban fijas al suelo por piedras enrolladas con alambres galvanizado N° 10, a 40 cm.

#### 4.8.2. Manejo Agronómico

##### a. Almacigo

Las semillas seleccionadas se trataron con un fungicida, previamente escarificada y luego se acondicionaron en bolsas almacigueras de 1 Kg, que contenían un sustrato de proporción 2:1:1 (Humus de lombriz, Tierra Agrícola y Arena), conduciéndolos finalmente al vivero.

##### b. Trasplante

El trasplante de los plántones se realizó el 10-02-05, cuando estas tuvieron los 40 días después de almacigado, para lo cual se preparó hoyos de 15-20 cm. de profundidad, procediendo luego a protegerlos de los rayos directos del sol con un cobertizo temporal a base de ramas frescas, seguido de un riego dirigido para favorecer el prendimiento.

##### c. Guiado

El guiado se realizó utilizando ovillos de rafia, sujetando la parte terminal de la planta a uno de los alambres del tutor para que guíe a la planta.

##### d. Poda

La poda básicamente de formación se realizó con la finalidad de efectuar una mejor distribución de las ramas. La primera poda se realizó a los 30 días después del trasplante, para inducir su crecimiento de un hábito trepador a uno de naturaleza más arbustiva.

e. **Abonamiento**

El Abonamiento se efectuó inicialmente durante la preparación del terreno, con la aplicación de estiércol de ganado vacuno y ovino, a razón de 10 Tm/Ha, posterior a ello, se utilizó fertilizantes foliares : Quimifol N510 (35-6-10), a razón de 2-4 Kg/Ha (5g/lit), al inicio de la floración e inicio de formación de fruto.

f. **Riegos**

Los riegos se efectuaron de acuerdo a las necesidades del cultivo, y con una frecuencia de 15 días en épocas de sequía mediante el método de riego superficial por gravedad.

g. **Control de Malezas**

Se procedió a eliminar las malezas mediante un control manual ( machete ) y /o químico (Glyfosato, a razón de 4-5 Lt/Ha) es decir, 12 ml/lit. Según se presentaba la complejidad en el campo experimental.

h. **Control Fitosanitario**

**Plagas** : Contra “ larvas cortadores ” y hormigas, se aplicó Sevin 85 PM, a razón de 2 Kg/ha (2 - 5 gramos/litro).

**Enfermedades** : Preventivo, para el control de *Fusarium spp.* Se aplicó en el tercio inferior de la planta Rhizolex T a razón de 2 Kg/Ha es decir, (5g/litro).

**Nematodos** : Preventivo, contra *Meloidogyne spp.* Se aplicó Curater 5G ( 10g/planta) u Oncol 5g (50 g/planta).

## i. Cosecha

La cosecha se realizó el 15-07-05 de forma manual, cada 15 días y básicamente los frutos que estuvieron destinados al estudio del tipo de reproducción sexual (Alogamia, Autogamia y Agamospermia).

### 4.9 Parámetros evaluados

#### 1.- Días a la floración

Se consideró los días después de haber realizado el trasplante, registrándose el promedio de 10 plantas por cada accesión.

#### 2.- Evaluación de la morfología y estructura floral

Para la determinación de la morfología floral, se recolectaron botones y flores de accesiones disponibles en el campo experimental, en un número variado dependiendo del tipo de análisis requerida, finalmente se procedió a realizar el análisis morfométrico en el laboratorio.

#### 2.a Desarrollo de la Inflorescencia

Para esta característica se tuvo que definir una escala de desarrollo de inflorescencia propia de *Plukenetia volubilis* L. en plantas sembradas con anterioridad, basado en escalas existentes para otros cultivos y pruebas preliminares, de esta manera se llegó al sgte esquema:

<b>Estadio</b>	<b>Características</b>
1	Presencia de primordio floral.
2	Presencia de botones tiernos y emergencia de la flor pistilada
3	Presencia de botones maduros y la flor pistilada con el estigma abierto.
4	Apertura de las primeras flores estaminadas (1-3)
5	Floración plena (> de 3 flores estaminadas abiertas)
6	Presencia de últimas flores estaminadas
7	Final de la floración (el raquis tiende a necrotizar y posterior caída)

Una vez determinada esta escala, se procedió a marcar inflorescencias con fichas, en estas se apuntó la fecha donde se consideró el inicio del primer estadio de desarrollo de la inflorescencia. Una vez marcadas las inflorescencias se procedió al seguimiento de éstas, vaciándose los datos en cuadros previamente diseñados. Se evaluaron 5 inflorescencias por plantas y 4 plantas por accesión.

## **2.b Desarrollo de Botón Floral Estaminada**

Se realizó el mismo proceso inicial de definir una escala de desarrollo siendo esta la sgte:



Estadio	Características
1	Botón menor o igual a 0.1 mm. de longitud.
2	Botón cuyo ápice se encuentra envuelto por los acúmenes de los sépalos y de coloración verde. Pedicelo distinguible.
3	Botón aún envuelto por los acúmenes de los sépalos, próximos a la apertura, de tonalidad blanquecina y donde el pedicelo ha alcanzado su máxima longitud (Pre antesis).
4	Ruptura a largo de las soldaduras de los sépalos, para dar paso a la antesis.

## 2c. Desarrollo de la Flor Estaminada

Se elaboró también su escala de desarrollo respectiva:

Estadio	Características
1	Apertura inicial de la flor, los sépalos empiezan a extenderse, anteras parcialmente visibles. (antesis)
2	Flor madura, los sépalos extendidos parcialmente. Anteras amarillas expuestas a plenitud.
3	Flor con los sépalos extendidos al máximo, anteras con partes necrotizadas, evidencia de la visita de insectos y/o dehiscencia de las anteras.
4	Los sépalos se empiezan a cerrar y pierden turgencia, secan y finaliza este proceso con la caída de la misma.

## 2.d. Desarrollo de Botón Floral Pistilada

Se realizó el mismo proceso inicial de definir una escala de desarrollo siendo esta la sgte:

Estadio	Características
1	Botón menor igual a 0.1 mm. de longitud.
2	Botón aún envuelto por los acúmenes de los sépalos, pedicelo distinguible.
3	Ruptura a lo largo de las soldaduras de los sépalos.

## 2.e. Desarrollo de la Flor Pistilada

Similar a los anteriores se identificó los diferentes estadios y características que se presentaron a lo largo de su ciclo de desarrollo.

Estadio	Características
1	Emergencia de la flor, los acúmenes de los sépalos se aperturan para dar paso a la salida del pistilo.
2	Flor que alcanzó su máxima longitud, antes de la apertura del estigma, se observa el ensanchamiento del ovario.
3	Flor madura, estigma abierto. Se da la fecundación y la columna estilar se encuentra arqueado. Se da el crecimiento acelerado del ovario.

## 2.f. Desarrollo del fruto

Se elaboró la siguiente escala

Estadio	Características
1	Ovario fecundado (posterior a la apertura del estigma)
2	Longitud del ovario fecundado (fruto) mayor que la longitud del pedúnculo.
3	Fruto maduro, adoptando una coloración grisácea
4	Fruto seco, de coloración marrón oscuro, observándose dehiscencia a lo largo de las soldaduras de las valvas del endocarpo.

Se marcaron las flores en el estadio 3 de desarrollo de flores pistiladas, en 5 inflorescencias por planta y 4 plantas por accesión.

## 3.- Evaluación de Maduración de Anteras y receptividad Estigmática

### 3.1 Apertura de Flores estaminadas

Los eventos florales fueron determinados mediante observaciones *In situ*

Para la presente evaluación se tomaron registros en diferentes periodos de tiempo, con la finalidad de determinar si la apertura floral es diurna o nocturna, para lo cual se seleccionaron y marcaron 3 botones en *estadio 3*, en 5 inflorescencias tomadas al azar de 5 accesiones.

Las evaluaciones se realizaron durante 5 días consecutivos, registrando su comportamiento en horas de la mañana, tarde y noche cada 30 minutos. Con lo que se pretendió determinar el momento de apertura y senescencia de la misma.

### **3.2 Dehiscencia de Anteras**

Para ello se procedió a observar la salida de polen de las anteras, en las mismas flores que fueron utilizadas para determinar el momento de apertura floral con ayuda de una lupa y corroboradas con el estereoscopio en el laboratorio.

### **3.3 Prueba de Receptividad estigmática.**

Se evaluó siguiendo el método de Keans & Inouye (1993) introduciendo el lóbulo del estigma en un tubo capilar con agua oxigenada tomando como resultado positivo el burbujeo en el estigma ante la presencia del peróxido de Hidrogenó (30 vol). Esta prueba se realizó en 30 flores pistiladas de accesiones tomadas al azar, cada 5 horas durante la antesis.

## **4. Estudio de los Mecanismos de Polinización.**

### **4.1 Visitantes Florales**

Los visitantes florales se estudiaron mediante observaciones directas, en 2 plantas tomadas al azar en accesiones de plena floración, en diferentes periodos de tiempo, por un lapso de 1 hora, durante 4 días consecutivos en horas de la mañana, tarde y noche. En este periodo se procedió a capturar con redes entomológicas los insectos que visitaban las flores, las cuales luego fueron identificados hasta el mínimo nivel taxonómico posible. Se utilizó un formato de frecuencias de visitas.

## 5.- Sistema de Reproducción

Para determinar el sistema reproductivo de *Plukenetia volúbilis L.* y conocer en que condiciones se reproduce la autogamia y alogamia se realizaron tres pruebas consistentes en cruzamientos controlados, al inicio de la floración y en 40 flores de 4 individuos, las cuales se detalla a continuación :

### P1 : Alogamia (Polinización Cruzada)

Es decir, la formación de frutos y semillas con polén provenientes de flores de otras plantas.

Se procedió a emascular el raquis completo de botones florales estaminadas, cuando éstas se encontraban en el estadio 2, en toda la planta, dejando solo flores pistiladas libres, realizando luego la polinización artificial con ayuda de un pincel fino, para lo cual se colectó polén de anteras recién abiertas de otras plantas, frotando luego la superficie del estigma, cuando éstas se encontraban en horas de mayor receptividad.

La emasculación se realizó cada 3 días en toda la planta, evitando así cualquier probabilidad de contaminación con su propio polén.

### P2 : Autogamia :

Es decir, la capacidad de formar frutos y semillas polinizándose con polén de la misma flor, sin previa mediación de agentes polinizadores.

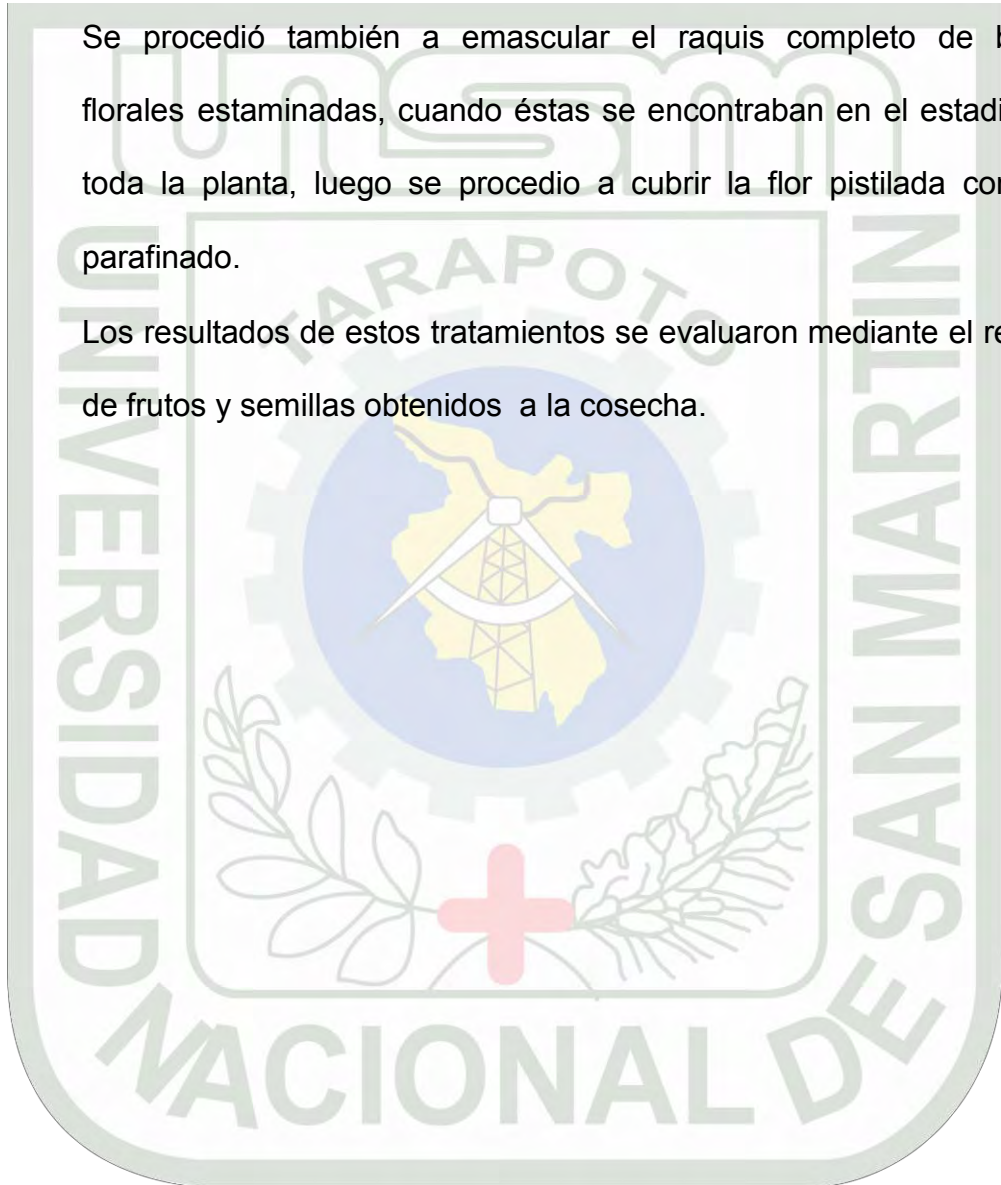
Se procedió a embolsar con papel parafinado, las inflorescencias, cuando éstas se encontraban en el estadio 2 .

**P3 : Agamospermia :**

Es decir, la capacidad de formar frutos y semillas en ausencia del polén (partenogénesis).

Se procedió también a emasculación del raquis completo de botones florales estaminados, cuando éstos se encontraban en el estadio 2, en toda la planta, luego se procedió a cubrir la flor pistilada con papel parafinado.

Los resultados de estos tratamientos se evaluaron mediante el recuento de frutos y semillas obtenidos a la cosecha.



## V.

## RESULTADOS

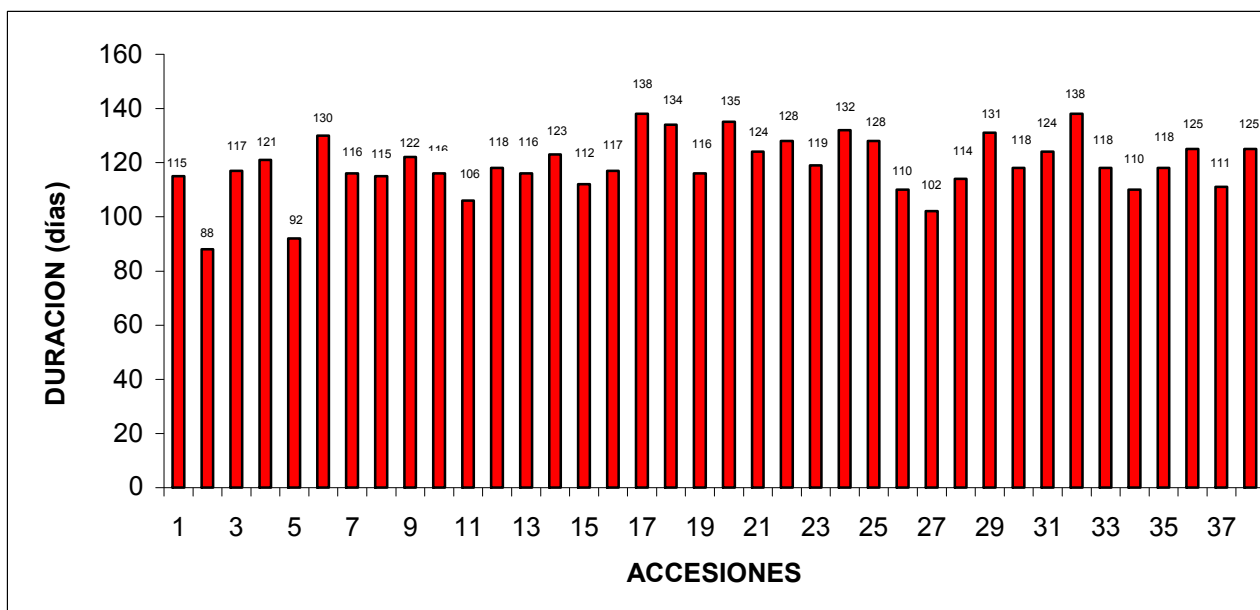
## 5.1. Días a la Floración :

Cuadro N° 04 : Días a la Floración en accesiones evaluadas

N°	ACCESIÓN	DÍAS A LA FLORACIÓN (d,d.t)
1	Shilcayo	115
2	Shilcayo	88
3	Pinto Recodo	117
4	Pinto Recodo	121
5	Cumbaza	92
6	Cumbaza	130
7	Chazuta	116
8	Moyabamba	115
9	Leticia	122
10	Tabatinga	116
11	San Fernando	106
12	Barranquita	118
13	Barranquita	116
14	Habana	123
15	Tamishiyacu	112
16	Nauta	117
17	Caballococha	138
18	Caballococha	134
19	Santa Clara (alto)	116
20	Estrecho (bajo)	135
21	Muyuy	124
22	Muyuy	128
23	Pacaya	119
24	Pacaya	132
25	Río Tigre	128
26	Río Tigre	110
27	Río Mamón	102
28	Río Mamón	114
29	Tamboyaguas	131
30	Río Mamón (alto)	118
31	Río Putumayo (alto)	124
32	Río Mamoncillo	138
33	Río Samiria	118
34	Río Mamón (bajo)	110
35	Saposo	118
36	Río Palmira	125
37	Alto Shamboyacu	111
38	SI-1	125
39	SI-1	95

 $\bar{X} = 118.38$  $S^2 = 130.31$  $S_x = 11.42$ 

C.V. = 9.6 %

**Gráfico N° 01 : Días a la Floración**

## 5.2. Morfología o estructura floral

El sistema sexual es monoico, inflorescencias hermafroditas con flores unisexuales. Presentan flores estaminadas y pistiladas, siendo la estaminadas agrupadas en nudos distales y las pistiladas encontrándose solitarias en la parte basal, raramente encontrándose en grupos de 2 ó 3. La inflorescencia presenta un aspecto cónico (los pedicelos de flores estaminadas de la parte inferior se desarrollan primero más que las superiores).

Debido a su naturaleza florística presenta el fenómeno denominado dicogamia, de la clase protoginia; es decir, los pistilos maduran primero y son receptivos cuando los estambres aún no liberan polen (la antesis femenina y masculina no se superponen).



**Flor Estaminada :**

Pedicelada, de 0.30 mm. Pubescente; Estambres (16-40) libres, dimórficos.

Anteras (4) - tecadas, la inserción es basifija y la dehiscencia es longitudinal ( la rasgadura se produce a lo largo de la antera), receptáculo globoso.

Cáliz (4-5 sépalos) de 0.57 mm. de forma lanceolada y pétalos ausentes.

**Foto N° 04 Flores estaminadas****Flor Pistilada :**

Pedicelada, de 0,42 mm carpelos unidos , Ovario súpero plurilocular (4-7), un óvulo por lóbulo. Cáliz (4-5 sépalos) de 0,64 mm de forma triangular o lanceolada, con pétalos ausentes.

El estilo es libre y cilíndrico de color verde, connato, ligeramente curvado y con una longitud que varia de 21.60 mm a 30.00 mm.

El estigma es persistente, multilobulado y coincide con el número de carpelos .  
Además se observó que las flores pistiladas presentan la particularidad de fecundarse independientemente.

**Foto N ° 05 Flores pistiladas.**



**Fruto:**

Es una cápsula de 3.5 a 5.0 cm de diámetro, con 4-7 lóbulos aristados o alados (usualmente tetralobulares), mesocarpo esponjoso y el endocarpo forma dos valvas que envuelven a cada semilla dehiscencia ventral o elástica.  
Las semillas de 1.5 a 2.0 cm de diámetro ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia los bordes (lenticulares), según sea el ecotipo.

**Foto N° 07 Fruto seco : Mesocarpo esponjoso**



### 1. Desarrollo de inflorescencia

El desarrollo de la inflorescencia comprende un periodo o lapso de tiempo que abarca desde que se hace visible a simple vista el primordio floral hasta el marchitamiento de la última flor (estaminada).

**Cuadro N° 05 :** Duración de los estadios de desarrollo de inflorescencia.

ESTADIO	PROMEDIO (días)	RANGO (días)	
		MINIMO	MAXIMO
1	3.75	3.0	4.5
2	6.75	6.0	7.5
3	10.25	8.0	13.5
4	4.5	4.0	5.0
5	13.5	12.0	15.0
6	4.0	3.0	5.0
7	3.4	1.8	5.0
<b>PDI</b>	<b>46.65</b>	<b>40.5</b>	<b>50.3</b>

$$X = 6.66$$

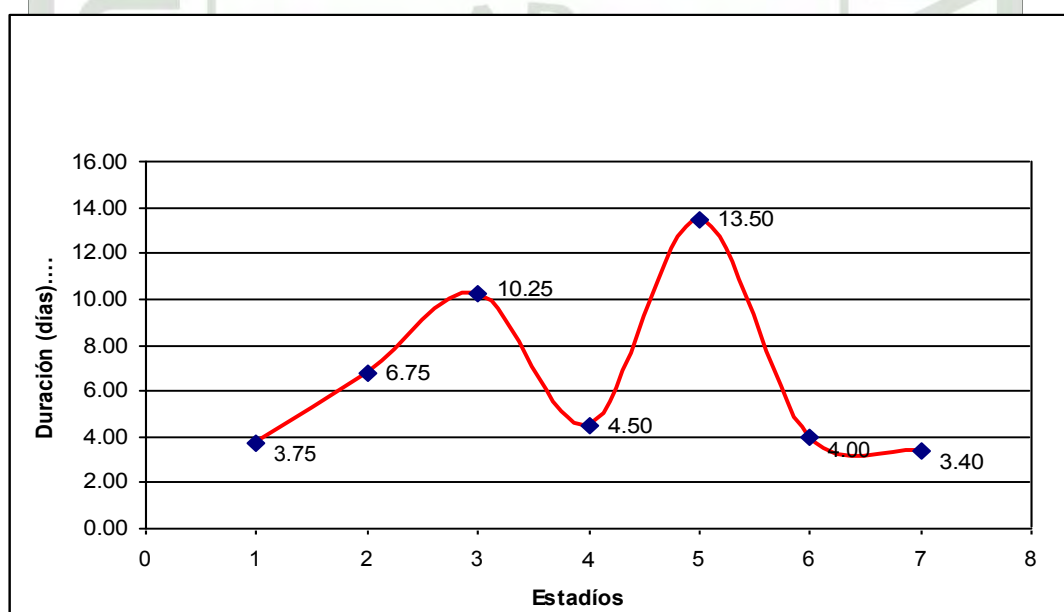
$$S^2 = 13.50$$

$$S_x = 3.67$$

$$C.V. = 55.1\%$$

De manera ascendente en el **Cuadro N° 5** podemos observar que la inflorescencia del Sacha Inchi, presenta un *periodo de desarrollo de inflorescencia (PDI)* de 46.65 días como promedio con un rango que va de 40.5 días como mínimo a 50.3 días como máximo.

**Gráfico 02: Estadios de Desarrollo de Inflorescencia**



Asimismo en la **Gráfico N° 2**, se puede observar que durante el periodo de desarrollo, el estadio 7 de inflorescencia presenta una duración mínima de tan solo 3.4 días en promedio, y alcanzando un máximo de 13.5 días para el caso del estadio 5.

Fotos N° 01 *Estadios de Desarrollo de Inflorescencia*



## 2.- Desarrollo de Botón y flor Estaminada.

Para la caracterización del desarrollo de la estructura reproductiva se definió cuatro estadios para el botón floral y cinco estadios para la flor. Cada uno de estos estadios presenta un periodo de duración que varía entre botones o flores de una misma inflorescencia, entre botones y flores de distintas inflorescencias, entre botones y flores de distintas plantas de una misma accesión y entre botones y flores de diferentes accesiones.

Para la obtención de promedios se realizó el seguimiento de botones de distintas inflorescencias y plantas. El botón floral como la flor presentan periodos de desarrollo para los cuales se definió el *periodo promedio de desarrollo de botón floral (PDB)*, el cual es considerado desde que el botón es diferenciable a simple vista hasta la antesis y, el periodo promedio del desarrollo de la flor (**PDF**), que abarca desde la antesis de flor hasta su marchitez. Además el periodo total de desarrollo de botón y flor se lo definió como *periodo promedio del desarrollo de órgano floral (PDO)*, que equivale a la sumatoria del **PDB** y **PDF**.

En el **Cuadro N° 06** observamos que el *periodo de desarrollo de botón floral* alcanza los 25 días, siendo éste superior en duración al **PDF** que dura 1.81 días, el **PDO** llega a los 26.81 días.

**Cuadro N° 06:** Periodos de Desarrollo de Botón y Flor Estaminada

ESTADIOS	PROMEDIO ( días )	RANGO ( días )	
		Min.	Max.
1*	8.5	7.00	10.00
2*	10.5	8.00	13.00
3*	3.5	3.00	4.00
4*	2.5	2.00	3.00
<b>PDB</b>	<b>25.00</b>	<b>20.00</b>	<b>28.00</b>
1**	0.15	0.13	0.17
2**	0.72	0.69	0.75
3**	0.57	0.54	0.60
4**	0.24	0.21	0.27
5**	0.13	0.08	0.18
<b>PDF</b>	<b>1.81</b>	<b>1.65</b>	<b>3.60</b>
<b>PDO</b>	<b>26.81</b>	<b>22.65</b>	<b>28.60</b>

\* Estadíos de botón floral

\*\* Estadíos de flor

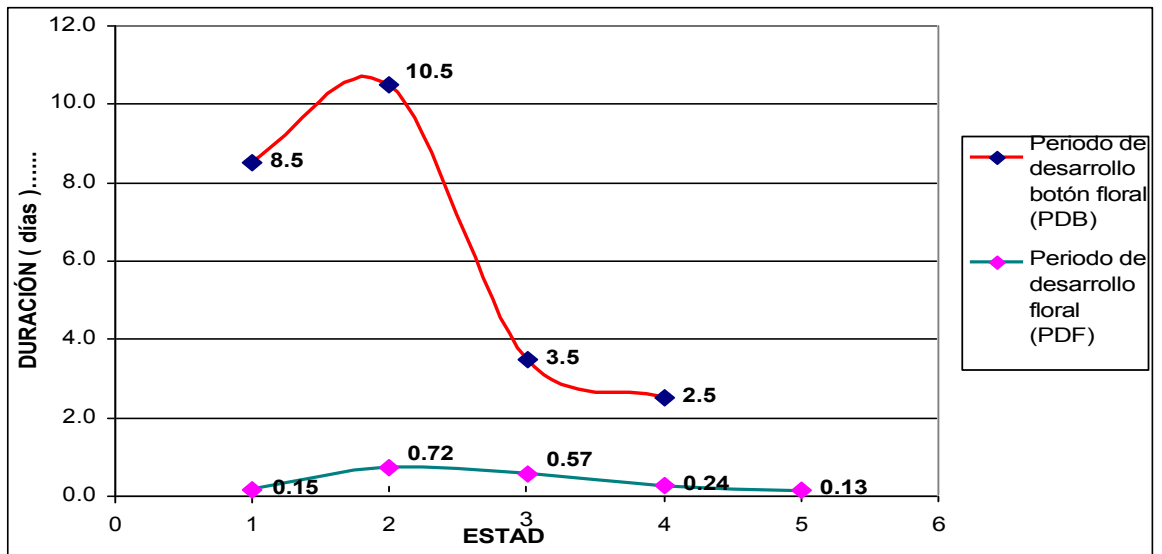
**PDB :**  $X = 6.25$        $S^2 = 13.50$        $S_x = 3.67$       **C.V. = 58.7 %**

**PDF :**  $X = 0.36$        $S^2 = 0.06$        $S_x = 0.24$       **C.V. = 66.7 %**

A continuación en el **Grafico N° 03**, se observa que el Periodo de desarrollo de botón floral es más prolongado que el periodo de desarrollo de flor; debido a que el **PDF** tiene una duración de tan solo 1.81 días en promedio, con un rango de 1.65 días como mínimo y 3.60 días como máximo.

Esto se mantiene como una generalidad en cada una de las accesiones de **Plukenetia volubilis L.**

**Grafico N° 03 : Periodo de Desarrollo de Botón y Flor Estaminada**



**Fotos N° 02 . Estadios de Desarrollo de Flor Estaminada.**



3.-



### 3. Desarrollo de botón y flor pistilada

Para la caracterización de ésta estructura reproductiva, de igual manera se procedió con la definición de 3 estadios para el botón floral y 3 estadios para la flor pistilada.

Para la obtención de promedios se realizó el seguimiento de botones de distintas inflorescencias y plantas. Tanto el botón floral como la flor pistilada presentan periodos de desarrollo, para los cual también se llegó a definir el *periodo promedio de desarrollo de botón floral (PDB)* , el *periodo promedio de desarrollo de la flor (PDF)* y la sumatoria de ambas como el *periodo de desarrollo del órgano floral (PDO)*.

**Cuadro N° 07: Periodos de Desarrollo de Botón y Flor Pistilada**

ESTADIOS	PROMEDIO ( días )	RANGO ( días )	
		Min.	Max.
1*	2.5	2.00	3.00
2*	1.5	1.00	2.00
3*	1.0	1.00	1.00
<b>PDB</b>	<b>5.00</b>	<b>4.00</b>	<b>6.00</b>
1**	3.00	2.00	4.00
2**	8.00	6.00	10.00
3**	3.5	2.00	5.00
<b>PDF</b>	<b>14.5</b>	<b>10.00</b>	<b>18.00</b>
<b>PDO</b>	<b>19.5</b>	<b>14.00</b>	<b>23.00</b>

\* Estadios de botón floral

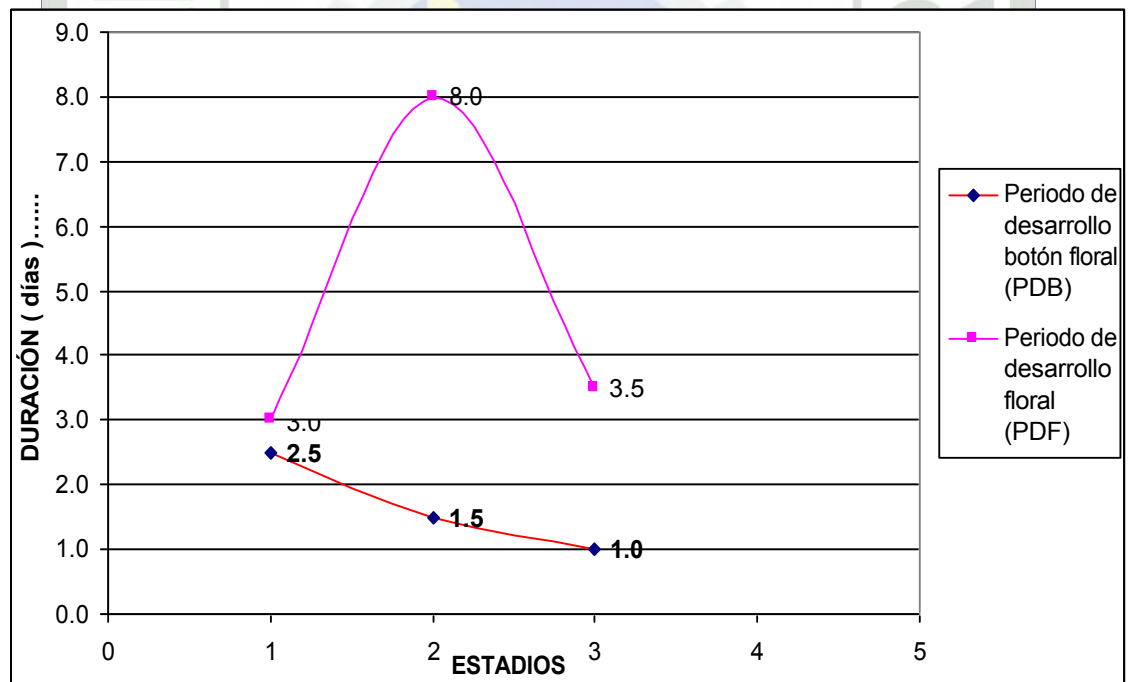
\*\* Estadios de la flor

**PDB :  $X = 1.67$        $S^2 = 0.38$        $S_x = 0.61$       C.V. = 36.5 %**

**PDF :  $X = 4.83$        $S^2 = 5.09$        $S_x = 2.26$       C.V. = 46.7 %**

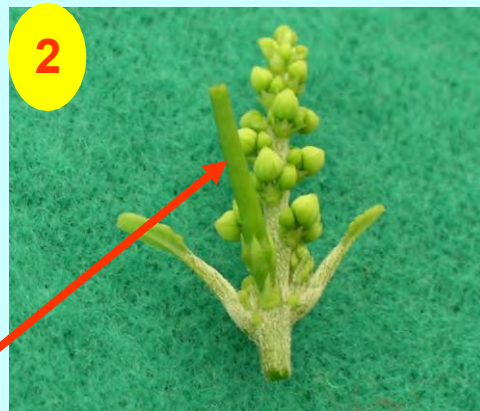
En el **Cuadro N° 07**, podemos observar que el *periodo de desarrollo del botón floral (PDB)* alcanza los 5.0 días, siendo éste inferior en duración con respecto al *periodo de desarrollo de la flor (PDF)* el cual alcanzó un promedio de 14.5 días. *El periodo del desarrollo de órgano floral (PDO)* registró una duración de 19.5 días, con un rango mínimo de 14 días y un máximo de 23 días.

**Grafico N° 04 : Periodo de Desarrollo de Botón y Flor Pistilada**



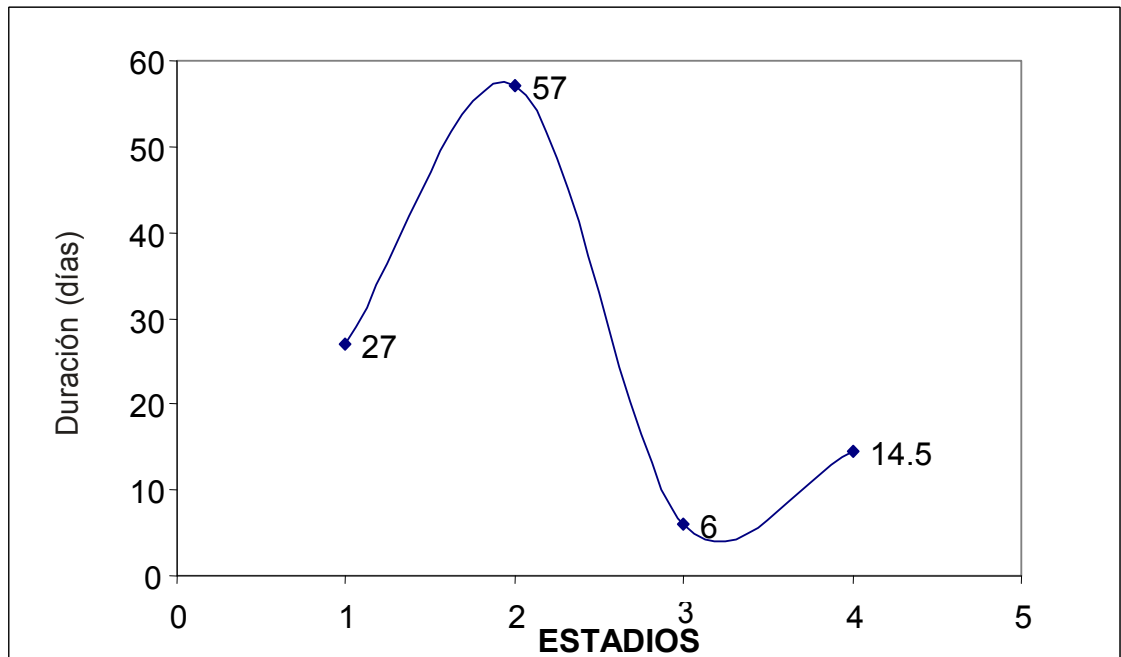
Según el **Gráfico N° 4** se deduce que el *periodo de desarrollo de la flor pistilada (PDF)* es más prolongado que el *periodo de desarrollo del botón floral (PDB)*, manteniéndose como una generalidad en cada una de las accesiones, situación contraria a lo que sucede en el desarrollo del botón y la flor estaminada.

Fotos N° 03 *Estadios de Desarrollo de Flor Pistilada.*



#### 4.- Desarrollo del fruto

Para esta característica se definió el *periodo de desarrollo del fruto (PDFT)* el cual consta de cuatro estadios, que a continuación se detalla.

**Grafico N° 05 Estadios de Desarrollo de Fruto**

En el **Cuadro N° 08** el estadio 1 promedia 27.0 días, incrementándose en el estadio 2 donde se observa una mayor amplitud, característica generalizada de dicho estadio, en cada una de las accesiones evaluadas llegando a los 57.0 días; el estadio 3 es comparativamente de menor duración llegando a lo 6.0 días en promedio y finalmente esta el estadio 4 con una duración de 14.5 días, supeditado muchas veces por el momento de cosecha y/o dehiscencia elástica que presenta.

Se puede mencionar que un 30% de los frutos evaluados no llegaron al estadio 4 de desarrollo, posiblemente por causas fisiológicas.

El periodo de desarrollo del fruto para **Plukenetia volubilis L.** es de 104.5 días en promedio con un rango que varía de 98 días como mínimo a 110 días como máximo.

**Cuadro N° 08: Periodo de Desarrollo de Fruto**

ESTADIO	PROMEDIO	RANGO ( días )	
		MINIMO	MAXIMO
1	27.0	26.0	28.0
2	57.0	56.0	59.0
3	6.0	4.0	7.0
4	14.5	12.0	16.0
<b>PDFT</b>	104.5	98.0	110.0

 $X = 26.1$  $S^2 = 374.9$  $S_x = 19.36$  $C.V. = 74.2 \%$ **Fotos N° 04 Estadios de desarrollo de fruto.**

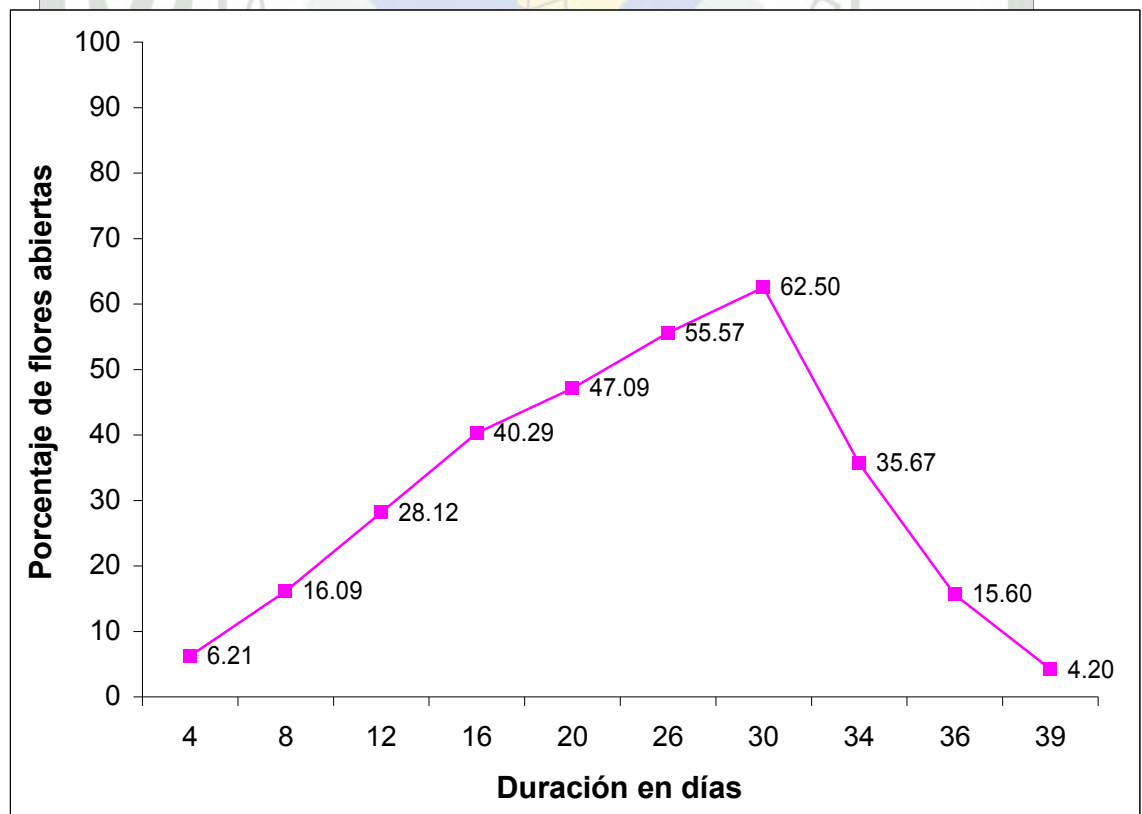
### 5.3. Apertura Floral.

#### Antesis Masculina:

Dicha antesis se determinó por la abscisión de las flores estaminadas, las cuales comenzaron a abrirse aproximadamente entre las 5:00-5:30 a.m, encontrándose dichas flores con las anteras expuestas a plenitud alrededor de las 9:00 a.m, señal de apertura máxima y finalizando la dehiscencia cerca de las 2:00 a.m.

La duración de la antesis fue muy variada, donde el mínimo valor registrado fue de 35 y el máximo de 48 horas.

**Gráfico N° 06 : % de Antesis, en relación a los días de apertura**



### **Antesis Femenina :**

Se registró dos eventos particulares en lo referente a la antesis femenina por lo cual se consideró distinguir dos fases : Pre antesis y Antesis.

#### ***Pre antesis :***

Considerada desde el momento que sucede la apertura de los sépalos para dar paso a la emergencia del pistilo, en la cual todavía no se llega a diferenciar el estigma, con una duración de 12 días.

#### ***Antesis :***

Considerada desde que el estigma de la flor pistilada esta presente, encontrándose totalmente abierto, túrgido y húmedo.

### **5.4 Dehiscencia de Anteras**

Esta relacionada con la madurez y presencia del polen; se llegó a detectar a partir del momento en que la flores se abrían, sin registrarse la presencia de polen en botones, de manera que la dehiscencia de las anteras coincide con el momento de apertura de la flores. ( la ruptura de las anteras ocurre el mismo día de la apertura floral )

La dehiscencia es longitudinal, las anteras al momento de la antesis son amarillas, después de cierto tiempo se tornan marrón amarillo, para luego marchitarse y quedarse en marrón oscuro.

## 5.5 Receptividad del Estigma

El estigma de las flores pistiladas permaneció receptivo, luego de ocurrido la antesis. La reacción positiva que se observó, con el burbujeo del estigma por la presencia del peróxido de hidrógeno, resultó mas intenso cuando se hallaban luego de 96 horas después de la emergencia del estigma, encontrándose en ese momento en condiciones optimas para recibir el polen.

Dicha receptividad estigmática se inicia días antes de que las flores estaminadas de la misma inflorescencia se aperturen.

## 6.0 Visitantes Florales

Las flores de *Plukenetia volubilis* bajo observación, fueron visitadas por *Tetragonisca angustula*, *Apis mellifera*, *Nannotrigona melanocera* y *Acromyrmex sp.* después de ocurrida la antesis, tal como se observa en el sgte cuadro :

**Cuadro N° 09 : Visitantes Florales**

Horario de observación	Especie	N° visitas/ flor	Tiempo mín. y max. / flor / (seg).	Frecuencia
7:00 a.m	<i>Tetragonisca angustula</i>	10	2.47	+++
8:00 a.m	<i>Apis mellifera</i>	4	16.92	++
9:00 a.m	<i>Tetragonisca angustula</i>	12	42.06	+++
10:00 a.m	<i>Acromyrmex sp.</i>	2	44.20	+
11:00 a.m	<i>Nannotrigona melanocera</i>	3	10.82	+
12:00 p.m	<i>Tetragonisca angustula</i>	10	4.06	+++
2:00 p.m	<i>Apis mellifera</i>	4	8.22	++
3:00 p.m	<i>Tetragonisca angustula</i>	8	10.11	+++
4:00 p.m	<i>Nannotrigona melanocera</i>	3	7.25	+
5:00 p.m	.....			
7:00 p.m	.....			
8:00 p.m	.....			
10:00 p.m	.....			



La actividad de dichas especies se concentro en horas de la mañana, donde las primeras visitas se registraron a partir de las 7:00 a.m, y continuaron hasta las 12 :00 p.m, en el horario de control de la tarde, se registro disminución de la frecuencia de visitas, dichas especies se mencionan a continuación :

***Tetragonisca angustula* :**

Considerada como un visitante de alta frecuencia, con un tiempo mínimo de 2.47 - 42.06 segundos de permanencia por flor estaminada.

***Apis mellifera***

Según la escala se encuentra ubicada en un visitante del tipo frecuente con un tiempo mínimo de 8.22 – 16.92 segundos de permanencia por flor estaminada.

***Nannotrigona melanocera* y *Acromyrmex* sp**

Especies clasificadas como visitantes poco frecuentes, con un tiempo de permanencia entre los 44.20 – 7.25 segundos.

La carga del polen de estos insectos, generalmente se distribuyen en las patas y el abdomen.

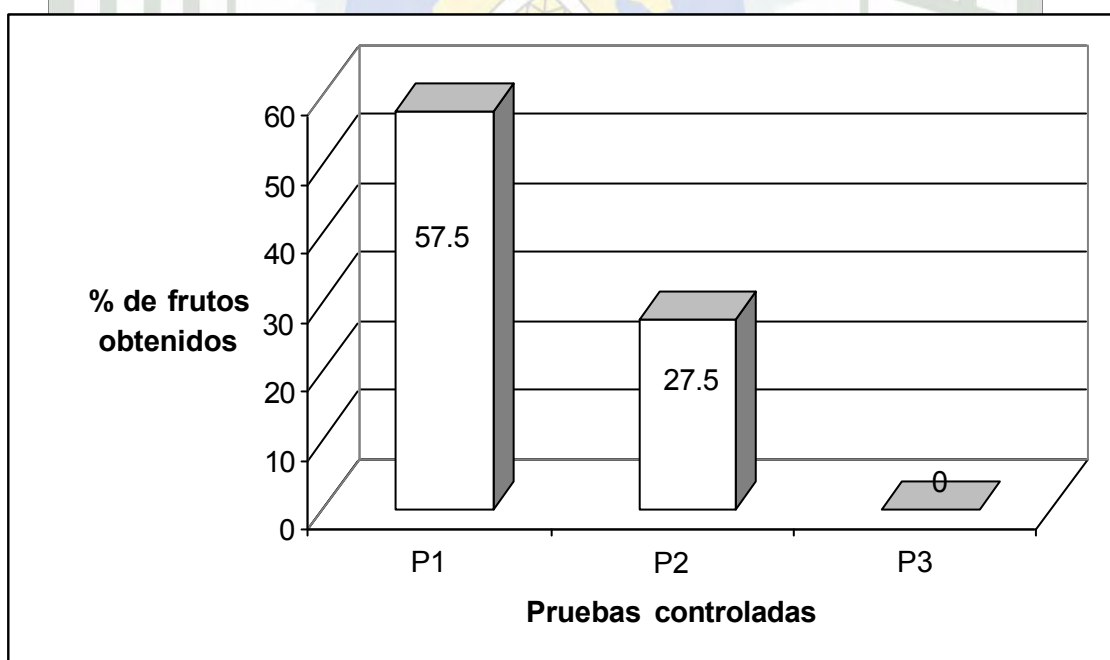
## 7.0 Sistema de Reproducción

Los resultados de las diferentes pruebas de polinización aplicados a *Plukenetia volúbilis*, se detallan a continuación:

**Cuadro N° 10 : Resultados de las pruebas controladas, para la determinación de la presencia o ausencia de Alogamia, Autogamia y/o Agamospermia**

PRUEBAS	N° FLORES MARCADAS	N° FRUTOS OBTENIDOS	N° FRUTOS / IF	N° SEMILLAS / CAPSULA
P1	40	23	1.1	4.4
P2	40	11	1.1	4.2
P3	40	0	0	0

**Gráfico N° 07 : Porcentaje Total de frutos obtenidos, por polinización controlada**



**Donde :**

P1 : Polinización cruzada (Alogamia)

P2 : Autogamia

P3 : Agamospermia

## VI.

## DISCUSIONES

## 6.1 Días a la floración.

**Manco (2003)**, menciona que la floración se inicia entre los 86-139 días después del trasplante.

Comparando los resultados obtenidos como se muestra en el **Cuadro N° 04**, nos indica que la floración se inicio entre los 88-138 días después del trasplante.

Los valores obtenidos para la SX con 11.42 y el C.V. con 9.6 % indican la confiabilidad de la información obtenida en el campo.

Esta diferencia en los días puede atribuirse a características particulares de cada ecotipo; es decir, la existencia de materiales genéticos precoces, intermedios y tardíos.

Asimismo esto es corroborado por **Arévalo (1989-1995)**, quien menciona que las características fenotípicas de cada ecotipo son pocas pero notorias.

## 6.2 Sobre la morfología o estructura floral.

**Arévalo (1989-1995)**, describe a la especie ***Plukenetia volúbilis* L.** como hermafrodita, con flores masculinas pequeñas, blanquecinas y dispuestas en racimos y en la parte basal se encuentran de una a dos flores femeninas, esta información comparándola con nuestros resultados podemos sostener lo sgte:

***Plukenetia volubilis* L.** Presenta un sistema sexual monoico, inflorescencias hermafroditas con flores unisexuales (estaminadas y pistiladas) y que debido a

su naturaleza florística presenta el fenómeno denominado dicogamia, de la clase protoginia; es decir, los pistilos maduran primero y son receptivos cuando los estambres aún no liberan polen (la antesis femenina y masculina no se superponen).

**Sobre el ciclo floral :**

**Torres (1992)**, ha elaborado una lista de características de floración con sus respectivas escalas de valoración para determinar la potencialidad de producción de semilla sexual en plantas que presentan inflorescencias, esto ha sido tomada como esquema base en la evaluaciones realizadas y comparándola con los resultados obtenidos podemos sostener lo sgte :

En el **Cuadro Nº 05** la duración de la floración en las inflorescencias de ***Plukenetia volubilis* L.** podría considerarse como muy larga al durar 47.3 días en promedio. Los valores obtenidos en la  $S_x$  con 3.67 y un C.V. de 55.1%, estos se explican debido a la diferencia en la cantidad de botones por inflorescencia, existiendo inflorescencias con mayor o menor número de botones y/o flores lo que determina que la floración se prolongue en mayor o menor número de días.

En el **Cuadro Nº 06** observamos que el periodo de desarrollo de botón floral estaminada alcanza los 25.0 días, siendo éste superior en duración al PDF que dura 1.81 días, el PDO llega a los 26.81 días.

Los valores obtenidos para el PDB en cuanto a  $S_x$  es de 3.67 y un C.V con 58.7 %, y para el caso del PDF con valores en su  $S_x$  de 0.24 y un C.V. de

66,7% , valores altos que se explican en que cada uno de los estadios presentan un periodo de duración que varia entre botones y flores de una misma inflorescencia, entre botones y flores de distintas inflorescencias, entre botones y flores de distintas plantas de una misma accesión y entre botones y flores de diferentes accesiones.

En el **Cuadro N° 07**, podemos observar que el periodo de desarrollo del botón floral pistilada (**PDB**) alcanza los 5.0 días, siendo éste inferior en duración con respecto al periodo de desarrollo de la flor (**PDF**) el cual alcanzó un promedio de 14.5 días. El periodo del desarrollo de órgano floral (**PDO**) registró una duración de 19.5 días, con un rango mínimo de 14 días y un máximo de 23 días.

Los valores obtenidos para el PDB en cuanto a  $S_x$  es de 0.61 y un C.V con 36.5 %, y para el caso del PDF con valores en su  $S_x$  de 2.26 y un C.V. de 46.7 % , valores altos que se explican en las mismas diferencias que se presentó para el caso de flores estaminadas.

En el **Cuadro N° 08**, los valores obtenidos para el desarrollo del fruto en cuanto a  $S_x$  es de 19.36 y un C.V. con 74.2 %, valores muy elevados que se explican en el periodo de desarrollo de fruto, donde el estadio 1 promedia 27.0 días, incrementándose en el estadio 2 donde se observa una mayor amplitud, característica generalizada de dicho estadio, en cada una de las accesiones evaluadas llegando a los 57.0 días; el estadio 3 es comparativamente de menor duración llegando a los 6.0 días en promedio y finalmente esta el estadio 4 con una duración de 14.5 días, supeditado

muchas veces por el momento de cosecha y/o dehiscencia elástica que presenta.

### 6.3 Sobre la apertura floral

Durante la época del año en la cual se registraron las observaciones nos indican que la apertura de las flores es diurna y que la antesis masculina ocurre entre las 5:00-5:30 am. con una duración que varía entre 35 y 48 horas. Alcanzando un máximo de flores abiertas del 62.5% a los 35 días. Los cuales son corroborados por **(Jiménez 2000)**, en estudios realizados en México, del género *Plukenetia sp.*

### 6.4 Sobre Dehiscencia de Anteras.

**Jiménez (2000)**, reporta que las condiciones climáticas juegan un papel importante para el ciclo floral del género **Plukenetia**.

Analizando los resultados obtenidos en donde la madurez y presencia del polen, se llegó a detectar a partir del momento en que la flores se abrían, sin registrarse la presencia de polen en botones, de manera que la dehiscencia de las anteras coincide con el momento de apertura de las flores. ( la ruptura de las anteras ocurre el mismo día de la apertura floral ).

Esto puede estar relacionada con la temperatura, luminosidad y la humedad relativa. La dehiscencia es longitudinal, en donde las anteras al momento de la antesis son amarillas, después de cierto tiempo se tornan marrón amarillo, para luego marchitarse y quedarse en marrón oscuro.

### 6.5 Sobre la Receptividad Estigmática.

La permanente receptividad estigmática, luego de la emergencia del estigma coincide con lo propuesto por **Keans & Inouye (1993)**, quien propone que a concentraciones de 10 -50 vol de Peróxido de hidrógeno, se puede detectar el momento de mayor receptividad en el estigma de las flores. Para lo cual se tuvo que realizar algunas modificaciones de la metodología para adecuarlas a la especie en estudio.

### 6.6 Sobre los visitantes florales

**Forni (1988)**, menciona que el análisis de la población insectil puede indicar si la población es entomófila o presenta algún otro tipo de mecanismo de polinización (anemófila, ornitófila, etc)

De acuerdo con las observaciones registradas en el **Cuadro N° 09** podemos mencionar que la actividad de dichas especies se concentro en horas de la mañana, donde las primeras visitas se registraron a partir de las 7:00 a.m, y continuaron hasta las 12 :00 p.m., disminuyendo la actividad en horas de la tarde, lo que podría atribuirse a los fuertes vientos.

Es por ello, que aparentemente la polinización en sachá inchi es anemófila, debido que durante las observaciones realizadas solo se observó visitantes florales en flores estaminadas, en busca de polen y néctar más no en la pistiladas.

El viento y la fuerza de la gravedad también son agentes polinizadores de importancia dado que las plantas tienen cierto grado de autocompatibilidad.

## 6.7 Sobre el sistema reproductivo

**Arévalo (1989-1995)**, sostiene que la especie *Plukenetia volubilis* L. podría tratarse de una planta autógama, pues observó muchas semejanzas entre plantas de una misma accesión así como de una accesión a otra, esta información comparándola con nuestros resultados podemos sostener lo siguiente :

*Plukenetia volubilis* L. no solo presentaría cierto grado de autogamia si no que el grado de alogamia sería mayor por los datos obtenidos por polinización controlada, mas aún si se trataría en un banco de germoplasma.

Como se puede observar en el **Cuadro N° 09** en la prueba P1, referente a polinización cruzada, se obtuvo un 57.5 % de frutos formados, mientras que para la prueba P2, concerniente a autopolinización, tan solo se logró un 27.5 % en frutos formados.

Por otra parte no se llegó a formar ningún fruto en la prueba P3 (Agamosperma), demostrando que la especie no es apomítica, al no ser capaz de fructificar y dar semillas en ausencia del polen.

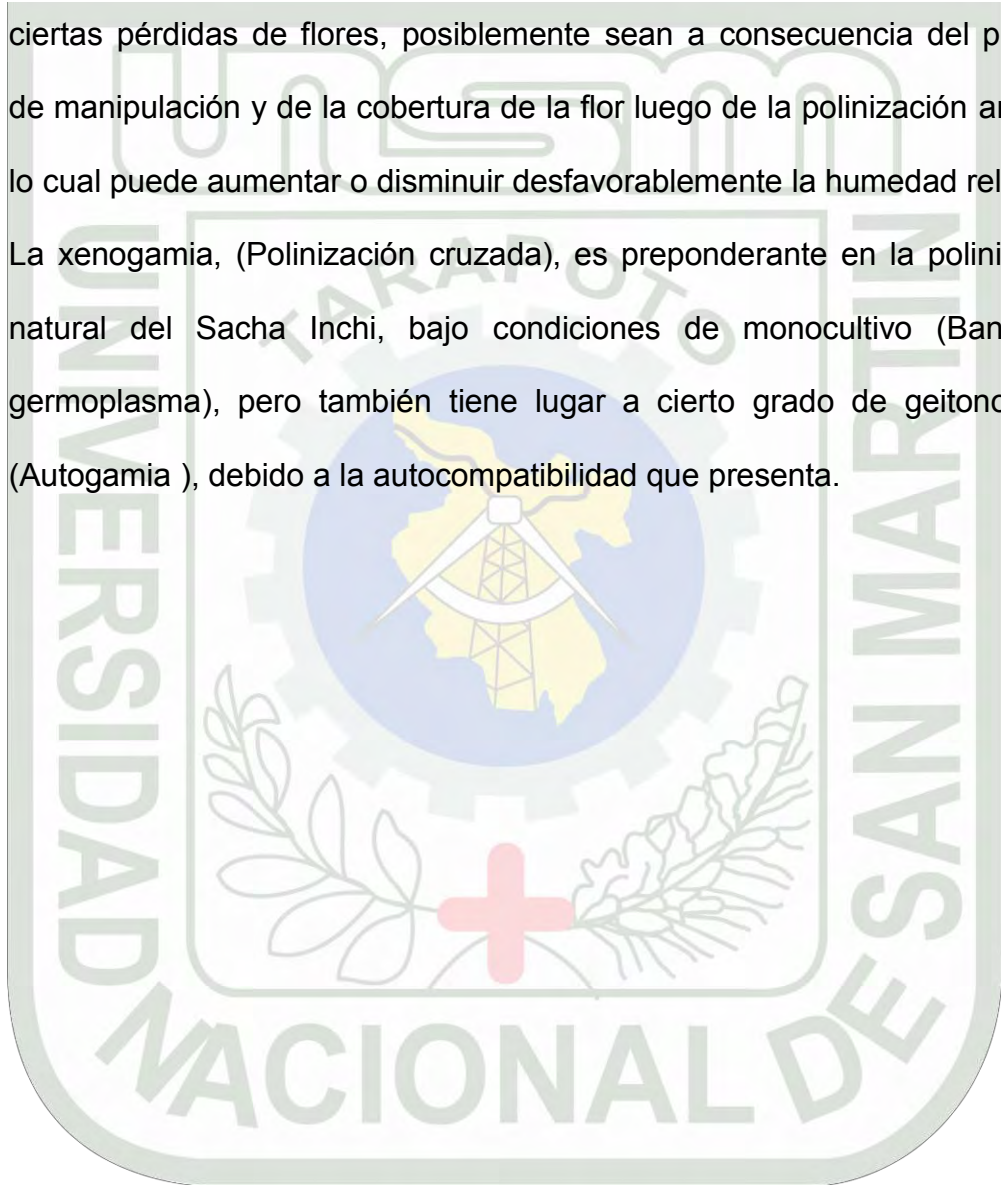
Estos valores nos indican claramente que la polinización cruzada, es el sistema más eficiente de reproducción para este cultivo. Además es necesario indicar que dicho método de polinización se vio favorecido por el azar, ya que las accesiones utilizadas para hacer los cruces resultaron altamente compatibles; es necesario destacar que al aplicar el método de polinización cruzada, se está garantizando suficiente polen sobre el estigma,



evento que bajo condiciones naturales se ve afectado por multiples factores bióticos o abióticos.

En las pruebas controladas de alogamia y autogamia se puede apreciar ciertas pérdidas de flores, posiblemente sean a consecuencia del proceso de manipulación y de la cobertura de la flor luego de la polinización artificial, lo cual puede aumentar o disminuir desfavorablemente la humedad relativa.

La xenogamia, (Polinización cruzada), es preponderante en la polinización natural del Sacha Inchi, bajo condiciones de monocultivo (Banco de germoplasma), pero también tiene lugar a cierto grado de geitonogamia (Autogamia ), debido a la autocompatibilidad que presenta.



## VII.

## CONCLUSIONES

7.1 El estudio de la biología floral de *Plukenetia volúbilis* L. reveló que la apertura de la flores es diurna y que las flores estaminadas de esta especie se abren entre las 5:00 a.m, 5:30 a.m, y permanecen así por espacio de 35 y 48 horas. En cuanto al ciclo floral podemos mencionar lo siguiente :

La duración de la floración en las inflorescencias de *Plukenetia volúbilis* L. podría considerarse como muy larga al durar 46.65 días en promedio.

El periodo del desarrollo del órgano floral (**botón estaminada + flor estaminada**), llega a los 26.81 días.

El periodo del desarrollo de órgano floral (**botón pistilada + flor pistilada**), registró una duración de 19.5 días, con un rango mínimo de 14 días y un máximo de 23 días.

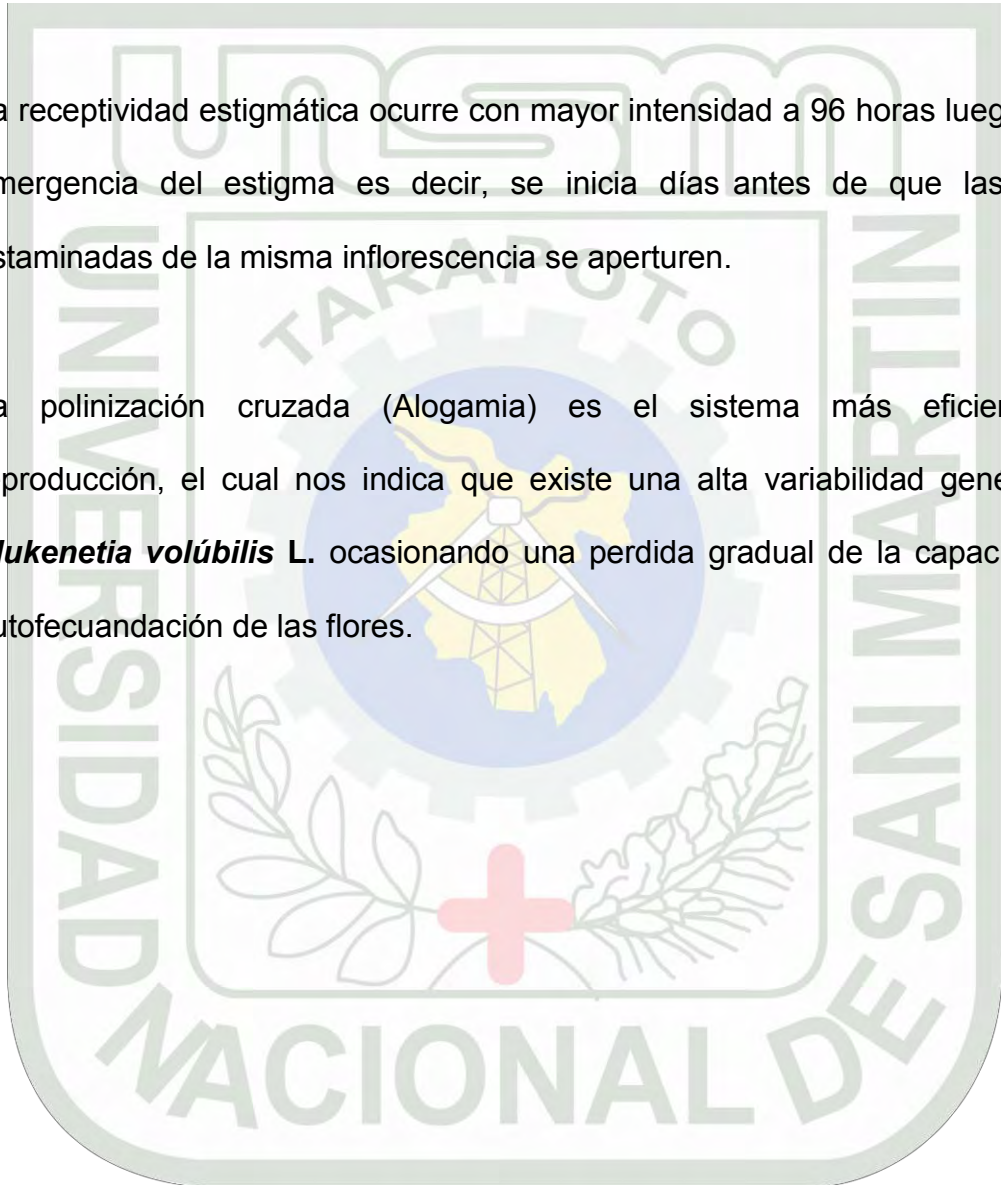
El periodo del desarrollo del fruto para *Plukenetia volúbilis* L. es de 104.5 días en promedio con un rango que varía de 98 días como mínimo a 110 días como máximo, lo que podría considerarse como muy larga.

7.2 Presenta el fenómeno denominado dicogamia, de la clase protoginia; es decir, los pistilos maduran primero y son receptivos cuando los estambres aún no liberan polen.

7.3 La dehiscencia de las anteras es longitudinal y coincide con el momento de apertura de la flores, es decir, la ruptura de las anteras ocurre el mismo día de la apertura floral.

7.4 La receptividad estigmática ocurre con mayor intensidad a 96 horas luego de la emergencia del estigma es decir, se inicia días antes de que las flores estaminadas de la misma inflorescencia se abran.

7.5 La polinización cruzada (Alogamia) es el sistema más eficiente de reproducción, el cual nos indica que existe una alta variabilidad genética en ***Plukenetia volúbilis* L.** ocasionando una pérdida gradual de la capacidad de autofecundación de las flores.



## VIII. RECOMENDACIONES

**8.1** A nivel del banco de germoplasma, regenerar y multiplicar las entradas o accesiones mediante autopolinización controlada, para preservar su acervo genético.

**8.2** Iniciar los trabajos de mejoramiento genético, utilizando para ello técnicas de cruzamientos e hibridación para la obtención de variedades con características sobresalientes, a partir de accesiones promisorias sobresalientes.

**8.3** Continuar con trabajos de biología reproductiva, en temas relacionados a :

- Cantidad, características , viabilidad y germinación in vitro de los granos de polen.
- Carga de polen sobre el estigma.
- Trayectoria del tubo polínico.
- Determinar la eficiencia de los mecanismos de transferencia de polén.

## IX.

## RESUMEN

El presente trabajo tienen como título “Estudio de la biología floral y reproductiva en el cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.); con el objetivo de evaluar la morfología floral, los ciclos de desarrollo, momento de maduración de anteras y receptividad estigmática. Asimismo el de estudiar los mecanismos de polinización, los visitantes florales y finalmente determinar el sistema de reproducción mas eficiente; se realizó el presente trabajo, en el campo experimental de la Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología de la E.E. “El porvenir” el cual se encuentra ubicado en el Km 14,5 Carretera Sur “Fernando Belaunde Ferry”, Distrito de Juan Guerra, Provincia y Región de San Martín; con una T° máxima anual de 33.2°, precipitación promedio anual de 1 206 mm y una humedad relativa del 7,7 %. El sistema estadístico empleado fue no paramétrico. Los resultados demostraron que la apertura floral es diurna, abriéndose entre las 5:00 a.m – 5:30 a.m permaneciendo así por espacio de 35 y 48 horas. La duración de la floración en las inflorescencias podría considerarse como muy larga al durar 46.65 días en promedio. El desarrollo de la botón y flor estaminada alcanza los 26,81 días. El desarrollo de botón y flor pistilada llega a alcanzar los 19.5 días. En caso del desarrollo del fruto registro 104.5 días. Por otro *Plukenetia volubilis* L. presenta el fenómeno denominado dicogamia; la dehiscencia de las anteras es longitudinal y coincide con el momento de apertura de las flores: la receptividad estigmática ocurre con mayor intensidad a 96 horas luego de la emergencia del estigma y finalmente la polinización cruzada (alogamia) es el sistema más eficiente de reproducción

X.

**SUMMARY**



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arévalo, G. 1 989-1995. Informes de Resultados de Investigación. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología. E.E. "El Porvenir". 20 p.
2. Forni, M. 1 988. Biología Floral y Reproductiva de *Solanum paniculatum* Editorial PLeise. Estado de Sau Paulo, Brasil. Pág.23-27.
3. Gillespie L.J. 1 993 A Sinopsis of Neotropical *Plukenetia* (Euphorbiaceae), Including two new species. Systematic Botany 18 ( 4) 575-592.
4. Jiménez,J. 2000. El Género *Plukenetia* (Euphorbiaceae) en México Universidad Nacional de México, Serie Botánica 71 (1). 35 p.
5. Keans & Inouye. 1993. Mecanismos de Polinización y Receptividad de Estigma. Departamento de Ciencias Exactas.UNESP. Pág.204-206.
6. Manco, E. 2005. Situación y Avances del Cultivo de Sacha Inchi en el Perú. Dirección Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología. 30 p.

7. McBride. (1990) Francis. Flora of Perú. Fieldiana Botany Vol XIII pp. 115-116. Pág. 245-249.
8. ONERN. 1992. Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Zona del Bajo Mayo. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima – Perú.
9. Proyecto Omega. 2002. El Inca Inchi. Agroindustrias Amazónicas. Boletín Técnico. Lima – Perú. 6p.
10. Sevilla, R. y Holle, M. 2004. Recursos Genéticos Vegetales. Edición. Luis León Asociados S.R.L. 1ra Edición. Pág.257-261. Lima- Perú.
11. Torres, D. 1992. Escalas Valorativas en Angiospermas. Ingeniero Agrónomo. UNALM. Tesis profesional. Pág.75-78.
12. Valles, C. 1995. El Sacha Inchi, Planta Nativa de Importancia Proteica y Aceitera Promisoria para la Selva Alta. Separatas 8p.

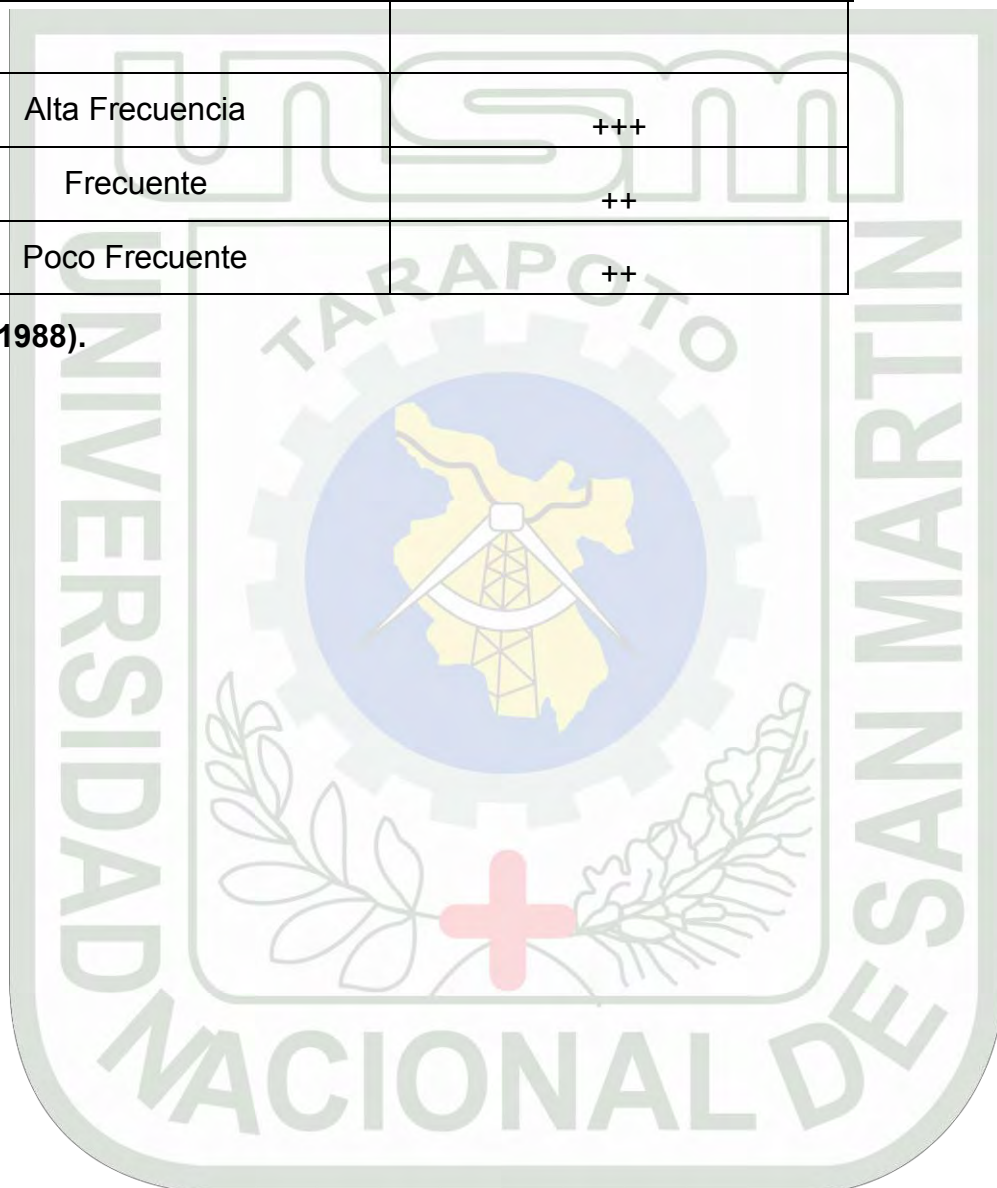




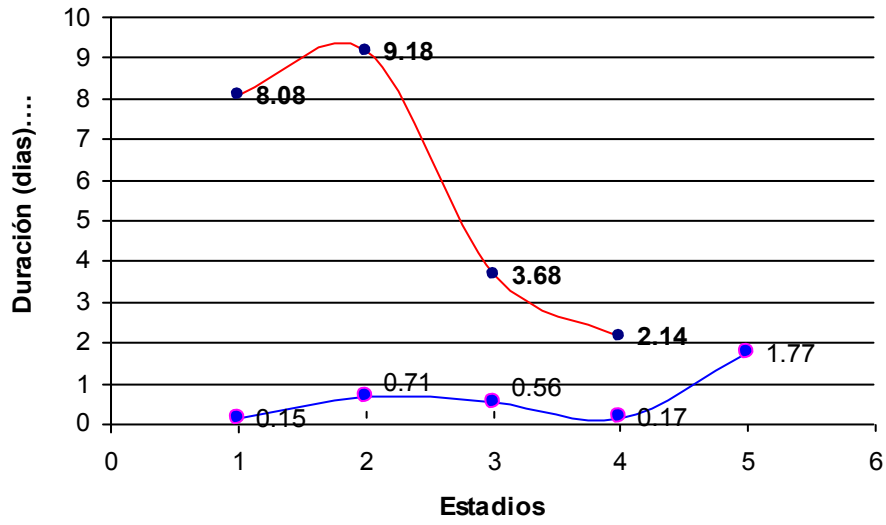
Cuadro N° 10 : Clave de Evaluación de Frecuencia de Visitas

Frecuencias de Visitas	Intensidad
Alta Frecuencia	+++
Frecuente	++
Poco Frecuente	++

Forni (1988).







● Periodo Desarrollo Boton Floral (PDB)

● Periodo de Desarrollo de Flor (PDF)

