

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario Del Noroccidente
CUNOROC**

Ingeniería Agronómica con Énfasis en Fruticultura

Trabajo de investigación de Graduación

Asesor principal: Ing. Agr. Carlos Ernesto López Monzón

Asesor adjunto: Ing. Agr. Andrés Vicente Sicá



“Caracterización morfológica in situ de parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en cuatro municipios de la Meseta de los Cuchumatanes, de Huehuetenango”

Por:

Leticia Davila Velásquez

Carne: 200840884

Huehuetenango, 29 de octubre de 2015.

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario Del Noroccidente
CUNOROC**

Ingeniería Agronómica con Énfasis en Fruticultura

Trabajo de investigación de Graduación



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

“Caracterización morfológica in situ de parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum* L.), en cuatro municipios de la Meseta de los Cuchumatanes, de Huehuetenango”

. Trabajo de investigación de Graduación

**Presentada al Honorable Consejo Directivo del Centro
Universitario Del Noroccidente**

Por:

Leticia Davila Velásquez

En el acto de investidura como

Ingeniera Agrónoma con Énfasis en Fruticultura

En el grado académico de Licenciada en Ciencias Agrícolas

Huehuetenango, 29 de octubre de 2015.

Autoridades Universitarias

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

Rector Magnífico

Miembros del Consejo directivo

Ing. Agr. Otto Gabriel Salguero Vásquez

Presidente

Ing. Agr. Juan Carlos Gálvez Gordillo

Secretario y representante docente

Ing. For. Jorge Obispo Vásquez Mejía

Representante docente

Ing. For. Edwin Marco Tulio Villatoro

Representante de los profesionales
egresados.

Bra. Jackeline Beatriz Martínez Ramírez

Representante estudiantil

Br. Manuel Antonio Molina Palacios

Representante estudiantil

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS:

A Él sea la gloria y la honra, Ser supremo que emana bendición. “Porque Jehová da la sabiduría y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia”. Proverbios 2:6.

A mis padres:

Alfredo Dávila Villalobos (Q.E.P.D), Martina Alejandra Velásquez de Dávila: por ser la base fundamental en mi vida y mi carrera, por su esfuerzo, concejos, amor, dedicación y sacrificio. Los amo y los honro.

A mis familiares:

Maira Figueroa (Q.E.P.D), te extraño, fuiste y serás una motivación para lograr mis metas.

Gelver José Velásquez, más que un primo eres un hermano para mí, gracias por tu apoyo, que Dios te bendiga siempre.

A mis familiares en general gracias por el apoyo, concejos y oraciones para edificar mi vida y mi carrera.

A mi novio:

Jorge Enrique Samayoa, por su amor y apoyo en todo momento.

A mis amigos

Cristy Mérida, Marina Montejo, Iraida García, Sandy Montejo, Sergio Silvestre, Arlam Aguirre, Bécquer Lemus, Eddy Alva. Por haberme permitido el honor de compartir una amistad basada en la sinceridad.

A usted amigo lector

Con especial cariño.

Agradecimiento

Sinceros agradecimientos a las siguientes personas e instituciones:

A mi casa de estudios:

Universidad de San Carlos de Guatemala/CUNOROC

**Programa Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica FPMA
Cooperativa Integral Agrícola Joya Hermosa, JH/ASOCUCH.**

Por el apoyo en la ejecución de la investigación a través del fondo de desarrollo de Noruega (**FDN**).

Ing. Agr. Andrés Vicente Sicá

Programa Fitomejoramiento Participativo en Mesoamérica – FPMA/ASOCUCH
Gracias por motivarme y asesórame en la realización de la investigación.

Ing. Agr. Ernesto López Monzón

Docente del Centro Universitario de Nor-occidente, gracias por su asesoría.

Ing. Agr. Giovanni Gutiérrez

Docente del Centro Universitario de Nor-occidente, gracias por la revisión del informe final de la investigación.

A los docentes que fueron parte de mi formación

Ingenieros agrónomos: Giovanni Gutiérrez, Ernesto López Monzón Francisco Sánchez, Gustavo Tovar, David Gutiérrez, Carlos de León, José Antonio Zúñiga, Armando Vásquez, Marco Antonio Hernández, Carlos Estrada, Otto Salguero.

Ing. For. Marco Antonio Escobar.

Director, catedráticos en general y personal administrativo del Centro Universitario de Nor-occidente.

Índice

Contenido	página
I. Introducción	01
II. Planteamiento del problema	02
2.1. Delimitación espacial teórica	03
2.2. Espacial	03
2.3. Temporal	03
III. Justificación	04
IV. Marco teórico	05
4.1. Marco conceptual	05
4.1.1. Poblaciones silvestres	05
4.1.2. Factores de riesgo de los parientes silvestres	06
4.2. El cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) y sus especies silvestres en Guatemala	07
4.2.1. Variedades de papa (<i>S. tuberosum</i> L.) en Guatemala ..	07
4.2.2. Parientes silvestres de papa (<i>S. tuberosum</i> L.) en Guatemala	08
a. Conservación ex situ e in situ de biodiversidad	09
b. Las especies cultivadas relacionadas	10
4.3. Composición química e importancia alimenticia	10
4.4. Condiciones agroclimáticas	11
4.5. Características morfológicas de la papa (<i>S. tuberosum</i> L.)	12-13
4.6. Descripción sistemática o caracterización	14
4.6.1 Términos para toma de datos caracterización morfológica	14-18
4.7. Análisis de datos	19
4.7.1 Métodos para el análisis de datos de caracterización	19-22
4.7.2 Análisis de cloroplastos	22-23
4.7.3 Biología de la papa (<i>S. tuberosum</i> L.)	24-25
V. Marco referencial	26
5.1. Localización y características agroclimáticas del área de estudio	26

5.1.1. Todos Santos Cuchumatán	26-27
5.1.2. Chiantla	28-29
5.1.3. Aguacatán	30-31
5.1.4. San Juan Ixcoy	31-32
VI. Objetivos	33
6.1. General	33
6.2. Específicos	33
VII. Hipótesis	33
VIII. Metodología	34
8.1. Georeferenciar la distribución de los parientes silvestres de papa (<i>S. tuberosum L.</i>), en la Meseta de los Cuchumatanes	34
8.2. Caracterización morfológica in situ de parientes silvestres de La papa (<i>S. tuberosum L.</i>)	35
8.3. Identificación taxonómica de los parientes silvestres de la papa (<i>S. tuberosum L.</i>)	36
8.4. Análisis de conteo de cloroplastos en células guarda de los estomas	36
IX. Análisis y discusión de resultado	37-71
X. Conclusiones	72-73
XI. Recomendaciones	74
XII. Bibliografía	75-76
XIII. Anexos	77-94
13.1. Anexo 1: Descriptor de papa silvestre desarrollado por René Gómez Zarate, M. Sc del CIP Perú	77-86
13.2. Anexo 2: Dictamen taxonómico	87
13.3. Anexo 3: Tabla de toma de datos de campo	88-90
13.4. Anexo 4: Figuras	91-94

Índice de cuadros

Contenido	página
Cuadro 1: Variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) sembradas en Guatemala	08
Cuadro 2: Composición química y alimentaria de papas nativas	10
Cuadro 3: Clasificación de métodos estadísticos multi-variados	22
Cuadro 4: Procedencia y ubicación geográfica de especies de papa silvestres de la Meseta de Los Cuchumatanes	37
Cuadro 5: Características que diferenciaron a los grupos de parientes silvestres de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) formados en el análisis de conglomerados	51
Cuadro 6: Características que diferenciaron a los subgrupos de parientes silvestres de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) formados en el grupo II	53
Cuadro 7: Características que diferenciaron a los conjuntos formados en el subgrupo I del grupo II de parientes silvestres de Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	54
Cuadro 8: Características que diferenciaron a los conjuntos formados en el subgrupo II del grupo II de parientes silvestres de Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	56
Cuadro 9: Características que diferenciaron al Subconjunto del material aislado formado en el Conjunto II del subgrupo II en el grupo II de parientes silvestres de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	57
Cuadro 10: Valores propios y varianza acumulada de los dos componentes Principales de parientes silvestres de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	59

Cuadro 11: Lista de los valores propios de los dos Componentes principales del análisis de 11 muestras de parientes silvestres de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	60
Cuadro 12: Preparación de reactivo para tinción de Cloroplasto	70
Cuadro 13: Resultado de conteo de cloroplastos	70
Cuadro 14: Escala para determinar la ploidía de un genotipo	71
Cuadro 15: Lista de nivel de ploidía de los diferentes parientes silvestres provenientes de Huehuetenango 2014	71

Índice de figuras

Contenido	Página
Figura 1: Área productora de papa en Guatemala	07
Figura 2: Distribución de 5 especies de papa silvestre en Guatemala	08
Figura 3: partes de un cloroplasto	23
Figura 4: Reproducción sexual de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) ...	24
Figura 5: Área de investigación en la Meseta de los Cuchumatanes .	35
Figura 6: Ubicación de parientes silvestres de la papa en la meseta de los Cuchumatanes	38
Figura 7: Hábitat de <i>Solanum clarum</i> Correll	46
Figura 8: Hábitat de <i>Solanum demissum</i> Lindl.	47
Figura 9: Hábitat de <i>Solanum agrimoniifolium</i> Rydb Dunal	47
Figura 10: Hábitat de <i>Jaltomata confinis</i> (C.V. Morton) J.L. Gentry ...	48
Figura 11: Análisis de Conglomerados para 11 muestras de parientes silvestres de la papa (<i>S. tuberosum</i> L.)	50
Figura 12: Grupos formados de 11 parientes silvestres de papa (<i>S. tuberosum</i> L.) en análisis de componentes principales	61
Figura 13: Muestras de materiales silvestres de papa para análisis de Cloroplastos	69
Figura 14: Observación de cloroplastos de materiales silvestres de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	69
Figura 15: Aplicación de reactivo en montajes de materiales silvestres	70
Figura 16: Hábito de crecimiento de la planta	77
Figura 17: Características de la hoja	78
Figura 18: Variación gradual de la pigmentación en el tallo de la papa	78
Figura 19: Esquema de las formas de las alas del tallo de la papa	79
Figura 20: Forma de la corola	79
Figura 21: Esquema de la distribución del color secundario de las flores	80
Figura 22: Pigmentación en anteras de las flores de papa	81
Figura 23: Esquema de la pigmentación en el pistilo	81
Figura 24: Forma de la baya	83
Figura 25: Distribución del color secundario de la piel del tubérculo ...	84

Figura 26: Forma general del tubérculo	85
Figura 27: Formas secundarias o inusuales en tubérculos	85
Figura 28: Distribución del color secundario de los tubérculos	85
Figura 29: Distribución del color secundario de la pulpa de los tubérculos	86
Figura 30: Esquema de distribución del color secundario del brote	86
Figura 31: Búsqueda de parientes silvestres de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Todos Santos Cuchumatán	91
Figura 32: Búsqueda de parientes silvestres de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), aldea Tunimá Chianlta	91
Figura 33: Toma de muestras para herborización	92
Figura 34: Tomando muestra para análisis de cloroplastos	92
Figura 35: ubicación de materiales silvestres de papa identificados en Todos Santos Cuchumatán	93
Figura 36: ubicación de materiales silvestres de la papa identificados en San Juan Ixcoy	93
Figura 37: ubicación de materiales silvestres de papa identificados en Aguacatán	94
Figura 38: ubicación de materiales silvestres de papa identificados en Chiantla.....	94

Índice de tablas

Contenido	página
Tabla 1: Datos morfológicos de <i>Solanum clarum</i> Correll	39-40
Tabla 2: Datos morfológicos de <i>Solanum demissum</i> Lindl.	41-42
Tabla 3: Datos morfológicos de <i>Solanum agrimoniifolium</i> Rydb Dunal	43-44
Tabla 4: Datos morfológicos de <i>Jaltomata confinis</i>	45-46
Tabla 5: Similitudes de los parientes silvestres de la papa (<i>S. agrimoniifolium</i> y <i>S. demissum</i>)	63
Tabla 6: Similitudes de los parientes silvestres de la papa (<i>S. clarum</i> y <i>J. confinis</i>)	64
Tabla 7: Colores de las flores de papa	80
Tabla 8: Colores de la piel del tubérculo de la papa	84
Tabla 9: Toma de datos de caracterización morfológica en base a descriptor	88-90

Resumen

El tener que producir alimentos para una población en crecimiento, causa que muchos de los cultivos autóctonos y poco mejorados genéticamente, pierdan importancia entre los hábitos de consumo, por lo que pueden llegar a quedar excluidos de sus antiguas ubicaciones.

En la agricultura las técnicas de “conservación in situ” se realizan de manera efectiva para el mejoramiento, la permanencia y la utilización de las variedades tradicionales o nativas de los cultivos agrícolas. Estas metodologías integran los resultados de la investigación científica con la experiencia y el trabajo de campo de los agricultores.

En Guatemala se tienen identificados, caracterizados y descritos 36 cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.); pero se desconocía la existencia y ubicación de los parientes silvestres de la papa, por lo que la importancia de la investigación radica en presentar datos reales y exactos de la ubicación de dichos parientes silvestres.

En el presente estudio se realizó una caracterización morfológica de cuatro parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum* L.) que fueron encontrados en aldeas de los municipios de Chiantla, Todos Santos Cuchumatán, San Juan Ixcoy y Aguacatán, dichos materiales según identificación taxonómica pertenecen a las especies *Solanum demissum* Lindl., *Solanum clarum* Correll, *Solanum agrimoniifolium* Rydb Dunal y *Jaltomata confinis*.

Para caracterizar morfológicamente los materiales encontrados se utilizó un descriptor realizado por René Gómez Zarate, M. Sc del CIP Perú. Y para su identificación taxonómica se realizaron visitas al Herbario “Prof. José Ernesto Carrillo” de la Facultad de Agronomía donde con el apoyo del personal del herbario y basados en la Flora de Guatemala y archivos del herbario se identificaron los parientes silvestres de la papa (*S. tuberosum* L.)

I. Introducción

Según la FAO, en Guatemala el consumo de papa (*Solanum tuberosum L.*) es de 23 Kg. por persona por año. En la Meseta de los Cuchumatanes, se tiene un consumo de 33 Kg. El mayor consumo de papa por las familias proviene de la producción obtenida de las variedades criollas.

La conservación de la vida silvestre se basa mayormente en la conservación in situ, así se involucra la protección de los hábitats de vida silvestre.

Guatemala es considerado como centro de diversidad biológica; estudios anteriores según Spooner et al., 1998, han revelado la existencia de cinco parientes silvestres del genero *Solanum*: (*Solanum clarum* Correll, *S. bulbocastanum* subsp partitum y *S. morelliforme*, *S. demissum* Lindl., hexaploide y *S. agrimoniifolium*, tetraploide). Así mismo, Azurdía et al. 2003, reporta que las cinco especies de parientes silvestres se encuentran distribuidas comúnmente por arriba de los 2,000 metros sobre el nivel del mar localizados principalmente en el occidente de Guatemala.

Actualmente no se cuenta con documentación sobre estudios técnicos que ratifiquen con exactitud los lugares en la Meseta de los Cuchumatanes donde aún se encuentren parientes silvestres de la papa (*S. tuberosum L.*).

Por lo anterior y para tener fuentes verídicas e información completa el presente estudio planteó como objetivo general generar información sobre la variabilidad morfológica de parientes silvestres de la papa (*S. tuberosum L.*), en la Meseta de los Cuchumatanes; específicos georeferenciar los sitios y/o localidades donde actualmente se encuentran, su identificación taxonómica y análisis de cloroplastos.

Lo anterior, tuvo como finalidad generar información básica actualizada de estos parientes silvestres de la papa (*S. tuberosum L.*), con el objeto de evitar su erosión genética, contaminación por materiales transgénicos e incluirlos en programas de mejoramiento genético dada la potencialidad que puedan ofrecer sus genes respecto a: resistencia a plagas, enfermedades, herbicidas, adaptabilidad, productividad, valor nutricional, entre otros.

II. Planteamiento del problema

En la parte alta del municipio de Chiantla y comunidades de los municipios de Todos Santos Cuchumatán, Aguacatán y San Juan Ixcoy colindantes con comunidades del municipio de Chiantla, mayormente identificados como la Meseta de los Cuchumatanes, desde hace muchos años la gran mayoría de agricultores se dedican a la siembra del cultivo de papa (*S. tuberosum L.*); debido a que es el cultivo con mejor adaptabilidad a las condiciones climáticas que se tienen en el área.

En la agricultura las técnicas de “conservación in situ” se realizan de manera efectiva para el mejoramiento, la permanencia y la utilización de las variedades tradicionales o nativas de los cultivos agrícolas. Estas metodologías integran los resultados de la investigación científica con la experiencia y el trabajo de campo de los agricultores.

La evolución del cultivo y usos de la papa en Guatemala ha sido bastante dinámico en los últimos años; en la actualidad según Sicá, A. 2011, se tienen identificados, caracterizados y descritos 36 cultivares de papa (*Solanum tuberosum L.*); sin embargo se desconocía la ubicación de los parientes silvestres que dieron origen al cultivo, agudizándose el problema por la erosión genética de éstos, por aspectos de: pastoreo, cambio climático, deforestación, cultivos limpios, entre otros.

Por lo anteriormente descrito, la identificación, caracterización y descripción de los parientes silvestres de la papa en la Meseta de los Cuchumatanes se hizo necesaria; considerando que el material fitogenético desempeña un papel importante ya que permite la selección y posterior utilización de los materiales en programas de conservación y mejoramiento genético.

2.1. Delimitación espacial Teórica

Para poder realizar la presente investigación, fue necesario el uso de conocimientos de las siguientes áreas: Social, Estadística, Agronómica, Anatomía y Morfología Vegetal, Botánica Sistemática, Genética y Economía.

2.2. Espacial

El área geográfica enmarcó comunidades de la parte alta del municipio de Chiantla, Todos Santos Cuchumatán, San Juan Ixcoy y Aguacatán.

2.3. Temporal

La investigación tuvo un carácter longitudinal en el tiempo a lo largo de diez meses, iniciándose con la etapa de campo realizada en los meses de julio a diciembre de dos mil catorce, fase de laboratorio en los meses de octubre a enero y finalizando con el análisis de resultados de informe final en abril del año 2015 respectivamente.

III. Justificación

La papa (*Solanum tuberosum L.*), es un cultivo tradicional de gran importancia, ya que constituye una fuente nutritiva especial, conteniendo altos valores de carbohidratos, proteínas y su consumo es bueno para la salud humana.

El tener que producir alimentos para una población en crecimiento, causa que muchos de los cultivos autóctonos y poco mejorados genéticamente, pierdan importancia entre los hábitos de consumo, por lo que pueden llegar a quedar excluidos de sus antiguas ubicaciones.

Esta situación es poco deseable ya que dichos cultivos están adaptados a zonas donde otros cultivos no prosperan, y con especial énfasis en materiales silvestres que poseen potencialidades respecto a resistencia de plagas, enfermedades, tolerantes a sequías y alta productividad.

Aunado a lo anterior, en la Meseta de los Cuchumatanes en el área del departamento de Huehuetenango específicamente los municipios de Chiantla, Todos Santos Cuchumatán, Aguacatán y San Juan Ixcoy se observaron parientes silvestres de la papa.

Es importante indicar, que de acuerdo a Spooner, et. al. en el año 1995, se realizó un estudio de recolección de germoplasma de papas silvestre a nivel del país, incluyendo al departamento de Huehuetenango. Sin embargo, en el lapso de 19 años de dicho estudio, dado a condiciones: sociales, económicas, culturales y ambientales, se desconocía la presencia de parientes silvestre de la papa en la Meseta de los Cuchumatanes en base a su distribución geográfica actual.

Razón por la cual, el presente estudio se justificó con el propósito de generar información reciente a través de: su georeferenciación, variabilidad morfológica in situ e identificación taxonómica de los mismos; con la finalidad de promover a través del presente estudio su conservación e introducirlos en programas de mejoramiento genético.

IV. Marco teórico

4.1. Marco Conceptual

4.1.1. Poblaciones Silvestres

En regiones que son centro de origen y diversificación se encuentran poblaciones silvestres de la misma especie o de especies relacionadas que nunca fueron seleccionadas ni cultivadas. Debido a que las poblaciones o especies silvestres crecen y se desarrollan en la naturaleza sin la intervención del hombre, hay individuos o poblaciones con genes particulares adaptados a las condiciones ambientales y de resistencia a pestes propias de la región.

Son importante fuente de genes para mejorar las especies cultivadas relacionadas. Hay dos categorías de especies silvestres: los progenitores de especies domesticadas y las usadas por el hombre en estado silvestre. (12.1).

Estas últimas son un germoplasma muy valioso en las regiones diversas. Todas las culturas antiguas usan infinidad de plantas silvestres para fines medicinales. En Europa por ejemplo, la herbolaria es una ciencia muy antigua, muy respetada y vigente.

En América, en la región de la cuenca amazónica del río Ucayali, el pueblo shipibo-conibo usa 335 especies pertenecientes a 83 familias, las que están descritas, catalogadas y clasificadas en 38 grupos distintos según las enfermedades o dolencias que curan.

En muchos casos la distinción entre especie silvestre y cultivada es pequeña. El término cultivar debe ser usado cuando el hombre siembra una población con propósito de cultivarla y utilizarla. Las formas no cultivadas pueden ser malezas o silvestres. Si esas poblaciones se cruzan libremente y producen híbridos fértiles, deben ser consideradas como razas pertenecientes a la misma especie.

La aclaración es importante porque el concepto clásico es que las poblaciones silvestres de especies cultivadas, son especies distintas. De acuerdo al concepto de especie biológica, las especies se definen por su aislamiento reproductivo, o sea si dos poblaciones que habitan el mismo lugar no se pueden cruzar y reproducir, pertenecen a especies diferentes.

Las malezas relacionadas son consideradas como una categoría especial de germoplasma diferente de las especies silvestres. La diferencia entre maleza y especie silvestre es que las malezas prosperan junto con las cultivadas en ambientes habitados por el hombre, mientras que las silvestres también están adaptadas a ambientes no modificados por el hombre.

La gran mayoría de malezas han evolucionado de especies silvestres que invaden los ambientes humanos después de la domesticación de la planta cultivada.

4.1.2. Factores de riesgo de los parientes silvestres

Los factores de riesgo de los parientes silvestres en ecosistemas naturales, están dados, por la pérdida de valores, traducida en algunas manifestaciones y actitudes de los pobladores, es así que por falta de transmisión de los patrones de comportamiento de los ancianos con los jóvenes y niños estos ignoran y desconocen el valor de estos recursos.

Igualmente son factores de riesgo la deforestación de ambientes naturales que concentran parientes silvestres, lo son también la ampliación de frontera agrícola, apertura de caminos, industria, incendios y sobre-pastoreo entre otros.

En tanto que los factores de riesgo para los parientes silvestres al interior y aledaños de los agroecosistemas son: el monocultivo, fertilizantes químicos, herbicidas y pesticidas.

En cuanto al manejo de riesgo de los parientes silvestres en las tres formas se desconocen, la misma que dependerá del nivel de identidad cultural que asuman los pobladores locales, validando los conocimientos tradicionales transmitidos por las generaciones pasadas e incorporando tecnologías convencionales que sean alternativas de solución a los problemas contemporáneos que afrontan hoy los sistemas de producción modernos en el marco de un sincretismo de equilibrio. (12.3)

4.2. El cultivo de papa y sus especies silvestres en Guatemala

4.2.1. Variedades de papa en Guatemala

La papa es una especie que ha sido modificada para producir algunos productos farmacéuticos. En el año 1997 se sembraron en Guatemala 9,240 hectáreas de papa, incrementándose a 11,962 en el año 1998. Se encontraban distribuidas en un total de 20,448 fincas, con un promedio de 0.585 hectáreas por finca. (9.10)

El área cultivada cubre básicamente el altiplano oriental, central y occidental de Guatemala.

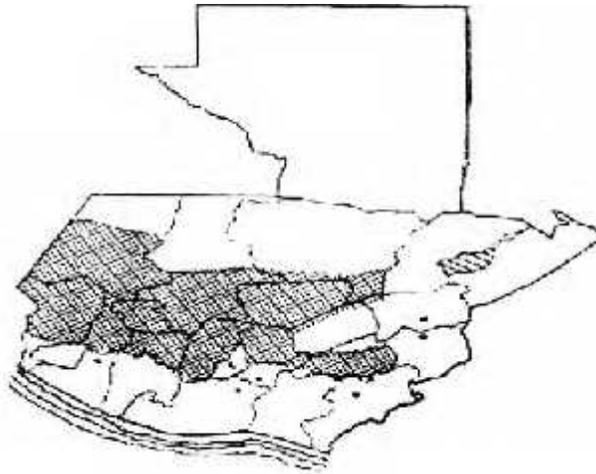


Figura 1: área productora de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Guatemala.

Fuente: Hernández, A. (1998).

Las variedades más utilizadas se anotan en el cuadro 1., no se cuenta con información para los materiales genéticos propios de los agricultores (landraces).

VARIETADES DE PAPA MÁS SEMBRADAS EN LAS DIFERENTES ZONAS PRODUCTORAS DE GUATEMALA EN 1998		
VARIETADES	PORCENTAJE DE PRODUCTORES QUE SIEMBRAN	PORCENTAJE DEL ÁREA SEMBRADA POR VARIETADE
LOMAN	74	62
TOHIOCAN	16	5
ATZIMBA	15	17
DIA-71	11	3
ICTA XALAPAN	8	1
OTRAS		12

Cuadro 1: variedades de papa (*S. tuberosum L.*) sembradas en Guatemala
Fuente: Azurdía. C. et al. (1998)

4.2.2. Parientes silvestres de papa en Guatemala

En Guatemala existen cinco especies de papa silvestre Spooner et al., 1998, tres de ellas (*Solanum clarum*, *S. bulbocastanum* subsp. *partitum* y *S. morelliforme*) son diploides; mientras que las restantes dos son poliploides (*S. demissum*, hexaploide y *S. agrimoniifolium*, tetraploide). Dichas especies o materiales silvestres fueron encontrados por arriba de los 2,000 metros sobre el nivel del mar, por lo que están localizadas principalmente en el occidente de Guatemala (Fig. 2), precisamente en las áreas en las cuales se cultiva papa (*Solanum tuberosum L.*). (USDA et al., 2004).



Figura 2: distribución de 5 especies de papa silvestre en Guatemala.
Fuente: USDA et. al. (1998).

Las especies *S. bulbocastanum*, *S. agrimoniifolium* y *S. demissum* están más emparentadas filogenéticamente entre sí comparadas con *S. morelliforme*, la cual conforma un grupo separado (Spooner, Sytsma y Conti, 1991). Por lo tanto, dicho grupo comparte más información genética. Por otro lado, las especies diploides son generalmente de polinización abierta, mientras que las poliploides son en alto grado autopolinizadas (Simmonds, 1995).

Utilizando mejoramiento tradicional, *S. demissum* ha sido ampliamente utilizada en mejoramiento de la papa cultivada, debido a que tiene genes resistentes a tizón. Por lo tanto, es de entender que existe la posibilidad de intercambio genético entre la papa cultivada y sus parientes silvestres.

El análisis de diversidad mostró que el departamento de Totonicapán es el que presenta el valor más alto (USDA et al., 2004), por lo tanto esta es un área en la cual se debe de tener cuidado especial cuando se pretenda introducir variedades transgénicas. La información presentada indica que en Guatemala, el área de producción de papa coincide en buena medida con el área de distribución de las especies silvestres emparentadas con la papa cultivada. Asimismo, se presume que se lleva a cabo flujo genético entre estas taxa en condiciones naturales. (12.1).

a. Conservación ex situ e in situ de Biodiversidad

La conservación in situ puede realizarse mediante el uso de áreas protegidas (caso de la biodiversidad en estado silvestre) así como mediante el uso de sistemas agrícolas manejados con tecnología agrícola tradicional (campos de agricultores y huertos familiares). La conservación ex situ se lleva a cabo mediante el uso de bancos de germoplasma, colecciones de campo, jardines botánicos, arboretos y colecciones in vitro.

El sistema guatemalteco de áreas protegidas está constituido por 99 áreas declaradas legalmente, abarcando un total de 3, 012,739 hectáreas, equivalente al 27.66 % del territorio nacional (Castro y Secaira, 1999). Sin embargo, las mismas no cuentan con todo el apoyo necesario para hacerlas funcionar como verdaderas áreas de conservación.

Uno de los problemas que se tienen en las áreas protegidas del país es que no se conoce en detalle las especies que las componen.

Este es un requisito indispensable para desarrollar metodologías de monitoreo que permitan evaluar el funcionamiento de dichas áreas en conservación. Algunos trabajos realizados están tratando de llenar este vacío.

b. Las especies cultivadas relacionadas

Estas constituyen otra categoría de germoplasma. En algunos casos, un grupo de especies relacionadas se maneja como si fuese un solo cultivo; aunque generalmente hay un cultivo principal que es el que marca las pautas de manejo y conservación, y los cultivares de otras especies simplemente se incorporan al germoplasma principal. (12.7)

Por ejemplo, la papa es un caso que merece una mención especial. Las papas cultivadas más conocidas son todas del género *Solanum*: *S. tuberosum subsp. tuberosum* y *subsp. andigenum*, *S. goniocalyx*, *S. phureja*, *S. stenotomun*, *S. ajanhuiri* y *S. curtilobum*. (12.1).

Todas esas especies se utilizan en el mejoramiento de la papa para conferirle una serie de características como, la tolerancia al frío, a la sequía, la resistencia a enfermedades y plagas y caracteres del tubérculo como el sabor y textura de las papas amarillas (*S. goniocalyx*). (12.1).

4.3. Composición química e importancia alimenticia

Cuadro 2: composición química y alimentaria de papas nativas.

Nutriente	Requerimientos diarios recomendados para niños y niñas de 4 a 6 años (1637 Kilo calorías) ¹	Aporte mínimo y máximo por 100 g de papa nativa cocida
Proteína (g)	29,0	4,4 a 8,4
Vitamina C (mg)	33,0	5,3 a 18,3
Potasio (mg)	1 000,0	51,9 a 18,4
Hierro (mg)	10,3	5,9 a 36,7
Zinc (mg)	5,7	3,4 a 20,7
	Requerimientos diarios recomendados para madres en lactancia de 18 a 40 años (2800 Kcal) ¹	
Fibra (g)	25,0	1,7 a 5,6
Grasa (g)	30,0	0,2 a 0,5
Proteína (g)	77,0	1,7 a 3,2
Vitamina C (mg)	100,0	1,8 a 6,0
Potasio (mg)	3 000,0	11,6 a 16,1
Hierro (mg)	39,0	1,6 a 9,7
Zinc (mg)	13,0	1,5 a 9,0

¹ Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2010); Gómez (2001); Verdú (2006)

La mayor biodiversidad genética de papa silvestre y cultivada (*Solanum tuberosum* L.) se encuentra en las tierras altas de los Andes de Bolivia, Perú y Ecuador. El Centro Internacional de la Papa (CIP) conserva en su banco de germoplasma más de 3,527 variedades de papa nativa (Huaman, 1997).

Según estudios del CIP, las papas nativas (silvestres o papas antiguas) son altamente valoradas por científicos y agricultores indígenas por sus propiedades organolépticas agradables (sabor y textura), propiedades nutricionales.

Los agricultores que siembran papas nativas las guardan principalmente para su autoconsumo. Esto convierte a este tipo de papa en un alimento estratégico para la seguridad alimentaria de la población, en especial la de más bajos recursos. (12.7)

Las papas nativas han tomado recientemente particular importancia en nuevos nichos de mercado, tanto en procesado como en fresco. Se han iniciado trabajos de procesamiento industrial para producir hojuelas de pulpa de color, las cuales son muy atractivas para los consumidores urbanos. (12.7)

4.4. Condiciones agroclimáticas

4.4.1 **Clima:** según Parson D. FAO, 1987. El cultivo de la papa, requiere para su crecimiento, una variación de temperatura ambiental, de la siguiente manera: después de la siembra, la temperatura debe alcanzar hasta 20° centígrados para que la planta desarrolle bien.

Luego, se necesita una temperatura más alta para un buen crecimiento del follaje, aunque no debe pasar de los 27° centígrados. Las temperaturas medias óptimas deben ser de 15-18° centígrados y las temperaturas medias por debajo de 5° centígrados no son convenientes.

4.4.2 **Suelo:** la papa se adapta a una gran variedad de suelos siempre que estos posean una buena estructura y un buen drenaje.

4.5. Características morfológicas de la papa

a. **Hábito de crecimiento:** la papa es una planta herbácea, su hábito de crecimiento cambia entre las especies y dentro de cada una. Cuando todas, o casi todas, las hojas se encuentran cerca de la base –o en la base- de tallos cortos, y están cerca del suelo, se dice que la planta tiene hábito de crecimiento arrosetado o semi arrosetado.

Entre las demás especies se pueden encontrar los siguientes hábitos de crecimiento: rastrero (tallos que crecen horizontalmente sobre el suelo), decumbente (tallos que se arrastran pero que levantan el ápice), semi erecto y erecto. (12.4)

b. **Raíces:** las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando crecen a partir de semilla, forman una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales.

Cuando crecen de tubérculos, forman raíces adventicias primero en la base de cada corte y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo. Ocasionalmente se forman raíces también en los estolones. (12.4)

c. **Tallos:** el sistema de tallos de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen un solo tallo principal mientras que las provenientes de tubérculos-semilla pueden producir varios tallos. Los tallos laterales son ramas de los tallos principales.

Morfológicamente descritos, los estolones de la papa son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de las yemas de la parte subterránea de los tallos. La longitud de los estolones es uno de los caracteres varietales importantes. Los estolones largos son comunes en las papas silvestres.

Los estolones pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos. Un tubérculo tiene dos extremos: el basal, o extremo ligado al estolón que se llama talón; y el extremo opuesto, que se llama extremo apical o distal.

Los ojos se distribuyen sobre la superficie del tubérculo siguiendo una espiral, se encuentran hacia el extremo apical y están ubicados en las axilas de hojas escamosas llamadas “cejas”. (12.4)

Los brotes crecen de las yemas que se encuentran en los ojos del tubérculo. El color del brote es una característica varietal importante. Los brotes pueden ser blancos, parcialmente coloreados en la base o en el ápice, o casi totalmente coloreados. Los brotes blancos, cuando se exponen indirectamente a la luz, se tornan verdes.

- d. **Hojas:** las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo. Normalmente, las hojas son compuestas; es decir, tienen un raquis central y varios folíolos. Cada raquis puede llevar varios pares de folíolos laterales primarios y un folíolo terminal. La parte del raquis debajo del par inferior de folíolos primarios se llama pecíolo.
- e. **Inflorescencia:** el pedúnculo de la inflorescencia está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas. De esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa. Las flores de la papa son bisexuales y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo.
- f. **Frutos y semillas:** al ser fertilizado, el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado baya, que contiene numerosas semillas. El fruto es generalmente esférico, pero algunas variedades producen frutos ovoides o cónicos. (12.4)

4.6. Descripción sistemática o caracterización

Los descriptores morfológicos tienen el objetivo de proporcionar una descripción de los cultivares de papa lo suficientemente detallada para una adecuada descripción morfológica de un cultivar de papa. Esta lista contiene todos los descriptores claves usados para agrupar las entradas con alto coeficiente de similitud.

También se incluyen figuras que muestran la variación en formas de tubérculos, hojas y flores para facilitar la selección de la opción correcta de los estados de los descriptores relacionados a formas. (12.11)

4.6.1. Términos para toma de datos, de la caracterización morfológica

a. Descriptores

El IBPGR citado por Mérida (1988), indica que un descriptor es una variable o atributo que se observa en un conjunto de elementos, ejemplo: altura de planta, color de la flor, entre otros. Además hace notar que la preparación de una lista de descriptores a menudo es un proceso repetitivo.

Conforme la identificación y documentación de los descriptores se va llevando a cabo, se necesita revisar la lista de ellos para asegurarse que satisfecerá los requisitos que al final se precisará de los datos.

El escoger un conjunto de descriptores resulta largo y laborioso, debido a que hay que considerar todas las aplicaciones futuras y diversas que sean posibles; por lo que se hace necesario consultar literatura, estudiar la variabilidad existente en el campo y realizar comunicaciones personales con expertos. (12.8)

b. Estados del descriptor

Morera (1981), afirma que a cada descriptor se le asigna una escala de valores que se llama “estados del descriptor”. El IBPGR, señala que los estados del descriptor usualmente podrían ser registrados como códigos (letra o número) antes que en palabras.

c. Caracterización

Arce (1984), indica que la caracterización de los materiales considerados como potencial fitogenético, desempeña un papel importante ya que permite la selección y posterior utilización de los materiales en programas de mejoramiento.

De acuerdo con el International Board for Plant Genetic Resource (IBPGR), citado por Arce (1984), menciona que la caracterización consiste en registrar aquellas características que son altamente heredables, que son fácilmente observables y que son expresadas en todos los ambientes; con la caracterización se puede determinar el grado de variabilidad existente de una población específica de plantas, dicha información alcanza su mayor utilidad en programas de mejoramiento que parten de la clasificación de individuos con características relevantes.

Recomienda que para aumentar el valor de una descripción, se incluya junto con los datos específicos de la caracterización, datos acerca de las prácticas culturales, condiciones climáticas, tipo de suelo y otros.

Además se dice que es fundamental que los materiales a evaluar crezcan bajo condiciones uniformes, para que las diferencias observadas sean típicas de los materiales de estudio. La caracterización generalmente se lleva a cabo por medio de los descriptores.

La evaluación de la descripción de un conjunto de individuos puede hacerse mediante el uso de técnicas numéricas, entendiéndose por la técnica numérica: la rama de la taxonomía numérica que mediante operaciones matemáticas calcula afinidad entre unidades taxonómicas a base del estado de sus caracteres.

d. Toma de datos

Arce (1984), señala que la toma y presentación de datos para el manejo electrónico, requiere de un conocimiento detallado de los requisitos establecidos por las secciones de documentación.

Durante la recolección activa de datos; o sea durante la caracterización, siempre se tiene que decidir en qué forma se quieren registrar los datos, puesto que éstos se pueden presentar como medidas o como datos clasificados. Sin embargo; las medidas reales en general no causan problemas si el órgano por medir está bien definido y el equipo es adecuado; por lo tanto la clasificación de la expresión fenotípica de características cualitativas resulta ser mucho más difícil y subjetiva.

e. Taxonomía numérica

Definición

Fabián (1988), señala que la taxonomía numérica ha sido definida como la evaluación numérica de la afinidad o similitud entre unidades en taxones, basándose en la taxa de sus caracteres.

Crisci (1983), indica que la taxonomía numérica es una disciplina que se encarga del estudio de la similitud y las diferencias entre los individuos, mediante la utilización de métodos numéricos, con el objeto de clasificarlos o agruparlos de acuerdo a sus características; la cual basa sus clasificaciones en el feneticismo, el cual considera características: ecológicas, moleculares, anatómicas, entre otros.

f. Pasos elementales de la taxonomía numérica

Crisci (1983), indica que los pasos a considerar en la taxonomía numérica son los que se presentan a continuación:

A. Elección de unidades taxonómicas (OTU)

La terminología OTU deriva de las siglas en inglés (Operational Taxonomit Unit), siendo esto la Unidad Taxonómica básica para aplicar la Taxonomía

Numérica. Estas unidades pueden ser: especies, géneros, familias o poblaciones, siendo los individuos la unidad universal.

B. Elección de caracteres

Se prefiere todo tipo de caracteres debiendo ser estudiados en diferentes períodos de ciclo vital de los individuos. Pudiéndose anotar características morfológicas (externas e internas), palinológicas, citológicas, fisiológicas, químicas, etológicas, ecológicas, geográficas y genéticas. Sin embargo, aquellos caracteres sin sentido biológico, como por ejemplo: el número de colecta de una muestra; deben ser excluidos.

C. Construcción de una matriz básica de datos

Esta matriz contiene en el eje horizontal (filas) las unidades taxonómicas operacionales (OTU) y en el eje vertical (columnas), los caracteres en estudio; de esta forma los valores de cada unidad taxonómica en cada uno de los caracteres estudiados se presentan en una matriz $n \times t$.

D. Obtención del coeficiente de similitud

Una vez construida la matriz básica de datos, se procede a seleccionar el coeficiente de similitud, con el objeto de determinar el parecido taxonómico entre las unidades taxonómicas.

Se conocen tres grupos de coeficiente de similitud: de distancia, de correlación y de asociación. Los más utilizados son los coeficientes de distancia y los de correlación, pudiendo mencionar el de "Pearson" o coeficiente de correlación del momento producto; oscilando sus valores entre más uno y menos uno, siendo más uno y menos uno de los valores de máxima similitud y cero de ausencia de similitud.

E. Construcción de una matriz de similitud

Debido a que la aplicación de los coeficientes de similitud a datos multiestados cuantitativos continuos, conlleva la utilización de diferentes escalas

de medida en una misma unidad taxonómica, por ejemplo: el largo de una antera en milímetros y la longitud de la guía principal en metros; siendo necesario estandarizar éstos valores, generalmente los valores de los caracteres se expresan como unidades de desviación estándar, debido a esto la media de una característica se expresa como cero y su varianza como la unidad. (12.11).

F. Análisis de componentes principales (ACP).

Desde el punto analítico, este método se basa en la transformación de un conjunto de variables cuantitativas originales en otro conjunto de variables independientes no correlacionadas, llamadas componentes principales. Los componentes deben ser interpretados independientemente unos de otros, ya que contienen una parte de la varianza que no está expresada en otro componente principal (Palacios, 1986; López e Hidalgo, 1994 a). (12.11)

El ACP concentra toda la variación presente en la matriz de datos originales en unos pocos ejes o componentes. La contribución de las variables a cada componente principal se expresa en valores y vectores propios. El valor propio representa la varianza asociada con el componente principal y decrece a medida que se generan dichos componentes. (12.11)

g. Análisis de conglomerados (Clúster)

Método de agrupamiento que se puede aplicar para relacionar las accesiones de un germoplasma (o variables) en grupos relativamente homogéneos con base en alguna similitud existente entre ellas. El objetivo en éste análisis es obtener varias clasificaciones de las accesiones, de tal manera que se puedan agrupar y representar mediante un árbol.

Los métodos de agrupamiento más usados en el análisis de conglomerado son: jerárquicos, que forman grupos a varios niveles y no jerárquicos, que también forman grupos a través de criterios predefinidos.

El agrupamiento jerárquico se caracteriza por sucesivas funciones para formar los grupos, en el agrupamiento los resultados se presentan en forma de

diagrama de árbol, comúnmente conocido como dendrograma. Para la formación de los conglomerados, existen diversas formas de enlace, siendo algunas de las más comunes: simple, complejo, centroide, todas con el mismo criterio de maximizar la variación entre los grupos y minimizarla dentro de ellos. (12.11).

4.7. Análisis de datos

4.7.1. Métodos para el análisis de datos de caracterización

Los datos se pueden analizar mediante el empleo de métodos simples o complejos, que van desde el uso de gráficos y estadísticos de tendencia central y dispersión hasta los multivariados. (12.11)

El análisis tiene el propósito de reducir el volumen de información característico en trabajos de esta naturaleza.

Mediante la aplicación de estos métodos sobre la MBD (matriz básica de datos) es posible obtener conclusiones acerca de la variabilidad y la utilidad del germoplasma, por tanto, los datos deben representar fielmente las características y el comportamiento de las accesiones.

a) Estadísticos simples.

Permiten estimar y describir el comportamiento de las diferentes accesiones en relación con cada carácter. Los más comunes son el promedio, la media aritmética, el rango de variación, la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV), que se utilizan en el análisis de datos cuantitativos. Estos se deben realizar antes de cualquier análisis multivariado, ya que proporcionan una idea general de la variabilidad del germoplasma y permiten inmediatamente detectar datos no esperados y errores de medición en el ingreso de datos, entre otros.

1. La media aritmética.

Es una medida de tendencia central que ayuda a caracterizar el germoplasma y permite relacionar un atributo de una accesión con un valor central de dicho atributo.

2. El rango de variación o amplitud total.

Se define como la diferencia entre el valor mínimo y el máximo de cualquier variable sobre el conjunto de accesiones estudiadas.

3. La desviación estándar.

Cuantifica la magnitud de la variación respecto a la media aritmética y se expresa en las mismas unidades que las observaciones originales. Proporciona una idea del estado (próxima o dispersa) de la mayoría de las accesiones de la colección en relación con una característica considerada.

4. El coeficiente de variación.

Es una medida relativa de variación que define más intrínsecamente la magnitud de la variabilidad de los caracteres estudiados debido a que es independiente de las unidades de medida. Facilita la comparación de la variabilidad de una misma característica en dos grupos de accesiones o de caracteres medidos sobre la misma colección. (12.11)

a) Medidas de similitud.

Permiten conocer el grado de asociación entre las **n** accesiones o entre las **p** variables.

Pueden ser de varias formas, aunque el índice de similitud y los coeficientes de correlación y distancia dominan las aplicaciones. Cada uno de ellos representa una perspectiva particular de similitud, dependiendo tanto de las accesiones como del tipo de datos. (12.11)

1. El índice de similitud.

Se recomienda para comparar accesiones cuyas características son evaluadas en una escala nominal o de datos de doble estado (presencia o ausencia) de las características medidas. Por lo general, los programas de informática dan un apoyo limitado a las medidas de asociación, lo que implica construir una tabla de doble

entrada a partir de la cual se procede a calcular los coeficientes y con ellos a construir la matriz simétrica de similitud.

2. El coeficiente de correlación.

Cuantifica en términos relativos el grado de asociación íntima o variación conjunta entre dos descriptores cuantitativos, por ejemplo: entre altura de planta y días a floración; su valor oscila entre -1 y +1. El signo del coeficiente de asociación, por tanto, se sugiere que todas estas acepciones sean consideradas como un grupo de índices de distancia.

Así, por ejemplo, cuando se hace referencia a similitud se toma un rango entre 0 y 1, en el que 1 es similitud total y 0 es ausencia total de similitud. Por el contrario; cuando se refiere a distancia, aunque se toma el mismo rango, 0 significa similitud total mientras que 1 es ausencia total de similitud.

La elección de cuál índice tomar depende de los datos y de los tipos de análisis que se planeen realizar posteriormente, como es el caso del análisis de Cluster que trabaja con índices de similitud; no obstante, estos se pueden transformar en índices de distancia y viceversa.

b) Métodos multivariados.

En términos generales, el análisis multivariado se refiere a todos aquellos métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples (más de dos variables) de cada individuo.

En sentido estricto, son una extensión de los análisis univariados (análisis de distribución) y bivariados (clasificaciones cruzadas, correlación, análisis de varianza y regresiones simples) que se consideran como tal si todas las variables son aleatorias y están interrelacionadas (Hair et al., 1992).

En la caracterización de recursos fitogenéticos el análisis multivariado se puede definir como un conjunto de métodos de análisis de datos que tratan un gran número de mediciones sobre cada accesión del germoplasma. Su virtud principal consiste en

permitir la descripción de las accesiones tomando en cuenta simultáneamente varias características, sin dejar de considerar la relación existente entre ellas.

Los métodos multivariados se clasifican en dos grupos (cuadro 3). Los de dependencia, que son aquellos en los cuales una variable o conjunto de variables es identificado como dependiente de otro conjunto conocidos como independiente o predictor; y los de interdependencia, o aquellos en que ninguna variable o grupo de variables es definido como independiente o dependiente, el procedimiento implica el análisis simultáneo de todo el conjunto de variables (Hair et al., 1992).

Cuadro 3: clasificación de métodos estadísticos multi-variados.

Métodos de dependencia (tipo de análisis)	Métodos de interdependencia (tipo de análisis)
Discriminante múltiple	Componentes principales
Correlación canónica	Factorial
Regresión múltiple	Conglomerados
Multivariante de la varianza	Multidimensional
Conjunto	Correspondencia

Fuente: Hair et al. 1992.

Por su parte Bramardi (2002) puntualiza que para el caso del análisis de datos resultantes de caracterización de recursos genéticos vegetales (colecciones de germoplasma), el problema es representar geoméricamente, cuantificar la asociación entre individuos y clasificarlos respecto a un conjunto de variables, las cuales pueden ser cuantitativas, cualitativas o la combinación de ambas.

Teniendo en cuenta los objetivos que se desean alcanzar, este investigador clasifica los métodos multivariados en dos grandes grupos.

4.6.2 Análisis de cloroplastos

Los cloroplastos son orgánulos con forma de disco, de entre 4 y 6 micrómetros, de diámetro y 10 micrómetros, o más de longitud. Aparecen en mayor cantidad en las células de las hojas, lugar en el cual parece que pueden orientarse hacia la luz. Es posible que en una célula haya entre cuarenta y cincuenta cloroplastos, y en cada

milímetro cuadrado de la superficie de la hoja hay 500.000 cloroplastos. Cada cloroplasto está recubierto por una membrana doble. (12.2)

El cloroplasto contiene en su interior una sustancia básica denominada estroma, la cual está atravesada por una red compleja de discos conectados entre sí, llamados lamelas. Muchas de las lamelas se encuentran apiladas como si fueran platillos; a estas pilas se les llama grana.

Tienen numerosos sacos internos formados por membrana que encierran el pigmento verde llamado clorofila, los cloroplastos desempeñan una función aún más esencial que la de las mitocondrias en ellos ocurre la fotosíntesis; esta función consiste en utilizar la energía de la luz solar para activar la síntesis de moléculas de carbono pequeñas y ricas en energía, y va acompañado de liberación de oxígeno.

Los cloroplastos producen tanto las moléculas nutritivas como el oxígeno que utilizan las mitocondrias.

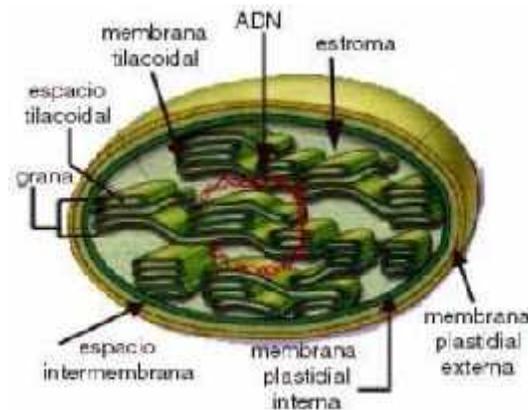


Figura 3: partes de un cloroplasto
Fuente: Monteros, C. 2010.

La energía luminosa capturada por la clorofila es convertida en adenosin-trifosfato (ATP) y moléculas reductoras (NADPH) mediante una serie de reacciones químicas que tienen lugar en los grana.

Los cloroplastos también contienen gránulos pequeños de almidón donde se almacenan los productos de la fotosíntesis de forma temporal. (12.2)

4.6.3 Biología de la papa.

a. Reproducción sexual

La papa domesticada es principalmente autopolinizada, pero algunas veces se puede dar polinización cruzada (hasta un 20%). Dentro de la sección Petota las especies poliploides son autopolinizadas, mientras que las diploides son autoincompatibles, por lo que dependen de la polinización por insectos. Los cultivares triploides y pentaploides parecen ser totalmente estériles y su propagación es estrictamente clonal (Anderson y de Vicente, 2010).

b. Reproducción asexual

Debido a la alta naturaleza heterocigótica de la papa cultivada, tanto los cultivares modernos como los materiales propios de los agricultores (landraces) no se propagan por semilla, sino a través de la siembra de tubérculos o parte de ellos, siempre que lleve por lo menos una yema.



Figura 4: reproducción sexual de la papa.
Fuente: Monteros. C. 2010.

c. Hibridación

Para entender el comportamiento de las especies silvestres de origen guatemalteco hay que considerar primero a qué gene pool pertenecen. Así, al gene pool primario (GP-1) pertenece a *Solanum demissum* Lindl., un hexaploide.

La hibridación de cultivares de papa modernos (4x, 4EBN) con hexaploides es posible en teoría, pero en la naturaleza nunca se han encontrado. Además, si este fuera el caso, la probabilidad de introgresión es muy baja ya que los híbridos F1 son pentaploides y por ello, estériles. (12.5)

Solanum agrimoniifolium pertenece al gene pool secundario (GP-2), teniendo 4x (2EBN) y puede hibridar con cultivares modernos de papa a través de la formación de gametos no reducidos (2n), no se tienen reportes de la viabilidad de los híbridos. En el caso de diploides 1EBN (*S. bulbocastanum*), existen barreras muy fuertes para poder hibridar con cultivares modernos, por lo cual se previene la hibridación espontánea.

d. Flujo genético

El viento parece que juega un papel secundario, siendo el factor más importante en los materiales cultivados, los insectos, principalmente abejas y abejorros. Se ha comprobado que en el caso de los abejorros, el polen es depositado en mayores cantidades entre más cerca de la fuente se encuentren. Así, se ha mostrado que después de 20 metros la tasa de cruzamiento es cero.

En general, el flujo de polen entre variedades modernas, materiales de los agricultores y especies silvestres emparentadas varía dependiendo de la composición de especies polinizadoras, su densidad y su comportamiento de pecoreo; así como de las condiciones climáticas locales (Anderson y de Vicente, 2010).

e. Flujo genético a través de intercambio de semillas

En las áreas comprendidas en los centros de origen y diversidad de la papa (como lo es Guatemala) hay que tomar en cuenta que los agricultores acostumbran a intercambiar semillas (tubérculos).

V. Marco referencial

5.1. Localización y características agroclimáticas del área de estudio

5.1.1. Localización

5.1.1.1 Todos Santos Cuchumatán

- **Localización**

Se localiza en la región Noroccidente del territorio nacional a 316 kilómetros de la ciudad capital y a 46 kilómetros del departamento de Huehuetenango.

- **Extensión y límites territoriales**

Cuenta con una extensión territorial de 300 kilómetros cuadrados, con una altitud de 2,470 a 3,500 metros sobre el nivel del mar, latitud de 15° 30´ 32” norte longitud de 91° 36´ 17” oeste. (PDM, SEGEPLAN 2010.)

Colinda al norte con Concepción Huista y San Juan Ixcoy; al oriente con Chiantla; al occidente con Concepción y Santiago Chimaltenango al sur con San Sebastián Huehuetenango, San Juan Atitán y Santiago Chimaltenango.

- **Clima**

El territorio pertenece a las tierras altas sedimentarias, donde está la Cordillera de los Cuchumatanes, por ello el clima se caracteriza por ser frío la mayor parte del año.

- **División política**

La división política se integra de la siguiente forma: Cabecera municipal conformada por las aldeas: Chiabal, San Martín, Chicoy, Chichim, Mash, Chalhuitz, Chemal y el Rancho, 44 caseríos, 20 cantones y dos parajes.

- **Recursos Naturales**

La variedad de recursos naturales forman el hábitat de la flora, fauna, ríos, bosques que constituyen factores importantes en el equilibrio del ecosistema. Hasta el momento no se ha racionalizado el uso de los mismos, la tala inmoderada y la expansión agrícola provocan la degeneración de los suelos y la utilización de leña para cocinar contribuye a la contaminación ambiental.

- **Suelos**

El suelo que existe en el municipio es cerros de caliza, caracterizado por ser profundos, de textura pesada, bien drenados, de color pardo y con afloraciones rocosas ocasionales.

Éstos se encuentran entre 2,000 a 3,000 metros sobre el nivel del mar; con una pendiente que oscila entre el 5% y 45%, en algunos casos erosionados, aptos para cultivos agrícolas como: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), papa (*Solanum tuberosum L.*), brócoli (*Brassica oleracea var. italica*), café (*Coffea arabica L.*) y frutales deciduos, hortalizas, bosques de coníferas y pastos criollos.

- **Actividad productiva**

Es realizada por productores agrícolas, comerciantes, artesanos, mano de obra calificada y cualquier otro tipo de producción que influye y beneficia en forma directa la economía del municipio a través del aprovechamiento de los recursos naturales, humanos y de infraestructura productiva.

La producción agrícola es la más importante por lo que a continuación se mencionan los principales cultivos que aportan mayor porcentaje en la economía del Municipio. Los principales cultivos son papa (*Solanum tuberosum L.*), maíz (*Zea mays*), y brócoli (*Brassica oleracea var. italica*).

5.1.1.2 Chiantla

▪ Localización

El municipio de Chiantla, se encuentra ubicado a 7 kilómetros de la cabecera departamental de Huehuetenango, a 272 kilómetros de la ciudad capital. Su latitud es 15° 20' 26" norte y longitud de 91°27' 28" oeste. Por pertenecer al departamento de Huehuetenango se ubica en el Noroccidente o Región VII del país. (PDM, SEGEPLAN 2010.)

▪ Extensión y límites territoriales

El municipio de Chiantla colinda al norte con los municipios de San Juan Ixcoy y San Pedro Soloma, al sur con Huehuetenango, al este con el municipio de Aguacatán y el departamento de El Quiché, al oeste con los municipios de San Sebastián Huehuetenango y Todos Santos Cuchumatán. Tiene una extensión territorial de 492 kilómetros cuadrados, ya descontada el área de Cantinil y Tajumulco, esto debido a que en el año 2005 estas tierras fueron decretadas por el Congreso de la República de Guatemala, como un nuevo municipio denominado Unión Cantinil, según decreto No. 54-2005. (PDM, SEGEPLAN 2010.)

▪ Clima

El clima que caracteriza a la zona es de templado a frío, aunque disfruta de una gran variedad de microclimas, con temperaturas promedio que oscilan entre los 2°C y 22°C. Las temperaturas más altas se registran durante los meses de marzo y abril, y las más bajas en los meses de noviembre a enero.

La época lluviosa inicia en la última semana de mayo y concluye en octubre, observándose una época seca dentro de estos meses. Se tiene una humedad relativa de 80% y una evapotranspiración de 1,250 mm anuales con un promedio de 3.4 mm por día. (PDM, SEGEPLAN 2010.)

- **División política**

En su división política, el municipio de Chiantla cuenta con 192 centros poblados, distribuidos de la siguiente manera: 1 villa, 5 zonas, 33 aldeas, 105 cantones, 4 colonias, 43 caseríos y 1 finca.

- **Recursos Naturales**

Los recursos naturales del municipio son abundantes específicamente en el área rural por ejemplo: agua, bosques, tierra para agricultura, etc., existe gran diversidad de flora y fauna.

- **Suelo**

Según Simmons, Tárano y Pinto, los suelos del área pertenecen a la serie Acasaguastlán.

Los suelos Acasaguastlán descansan sobre roca serpentina intemperizada, que contiene talco y otros minerales y en la mayoría de los lugares es de color verde grisáceo, ocupan los lugares más altos y que reciben más humedad, gran parte de la cual posiblemente proviene de la condensación de las nubes. Son de color café más oscuro, son más profundos y están normalmente forestados con pinos.

- **Actividad productiva**

Los agentes de cambio que están impulsando el proceso del desarrollo económico local y fomento productivo en el municipio de Chiantla, son tanto públicos como privados, y se resumen básicamente en las autoridades locales, centros de formación, asociaciones civiles sin fines de lucro ONG´S, asociaciones religiosas, comités y asociaciones de productores, empresas productoras de bienes y servicios.

La producción agrícola ocupa un nivel muy importante por lo que a continuación se mencionan los principales cultivos que aportan mayor porcentaje en la economía del municipio. Los principales cultivos son: papa (*Solanum tuberosum L.*), maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y hortalizas diversificadas.

5.1.1.3 Aguacatán

▪ Localización

El municipio de Aguacatán, se encuentra situado en la parte sureste del departamento de Huehuetenango en la región VII o región del Noroccidente. Se localiza en la latitud 15° 20' 26" y en la longitud 91° 18' 50" (PDM, SEGEPLAN 2010.).

▪ Extensión y límites territoriales

Limita al norte con los municipios de Chiantla (Huehuetenango) y Nebaj; al sur con el municipio de Sacapulas; al este con los municipios de Sacapulas, San Juan Cotzal, Cunén, Chajul y Playa Grande Ixcán (Quiché); y al oeste con los municipios de Huehuetenango y Chiantla (Huehuetenango). Cuenta con una extensión territorial de 300 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 1,670 metros sobre el nivel del mar. La distancia de esta cabecera municipal, a la ciudad de Huehuetenango, es de 25 kilómetros; su clima es templado (12.9)

▪ División política

La municipalidad es de segunda categoría, cuenta con un área urbana que es la cabecera municipal de Aguacatán, 23 aldeas, 12 caseríos y 2 parajes. (12.9)

▪ Recursos Naturales

Los recursos naturales del municipio de Aguacatán se encuentran distribuidos, en sus 300km² latitudes, según sus tres zonas de vida bosque húmedo montano subtropical, bosque muy húmedo montano subtropical, bosque muy húmedo montano bajo subtropical entre los 1,500 a mayores de 3,000m.s.n.m.

- **Suelos**

Según Simmons, Tarano y Pinto, los suelos pertenece a la serie Acasaguastlán (Ac), de agrupación III y B, que son suelos de cerros de caliza lo que indica que son suelos bien drenados, poco profundos, sobre roca, con un pH ligeramente ácido de 5.5 – 6.5.

- **Actividad productiva y agrícola**

El relieve es casi plano ondulado el potencial es para hortalizas, frutales de bajo requerimiento de frio, maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), flores, maguey (*Agave potatorum*), papa (*Solanum tuberosum L.*) y trigo (*Triticum aestivum*).

5.1.1.4 San Juan Ixcoy

- **Localización**

San Juan Ixcoy está ubicado en el occidente de la República, forma parte del territorio de Huehuetenango. El municipio colinda al norte con Soloma y Santa Eulalia, al noroeste con San Miguel Acatán, al oeste con Todos Santos Cuchumatán y Concepción Huista, al este con Nebaj (Departamento de Quiché) y al sur con Chiantla. (PDM, SEGEPLAN 2010.)

- **Clima**

Se marcan dos condiciones: época seca en los meses de noviembre a abril y la época de lluvia entre los meses de mayo a octubre, la precipitación pluvial anual es de 1000 a 2000mm. La temperatura media anual es de 12° a 18°C frecuentemente afectan heladas.

- **División política**

La división política del municipio de San Juan Ixcoy, está conformada por la cabecera municipal, veinticuatro aldeas y catorce caseríos, comunicados con la cabecera municipal por caminos rurales de terracería. (PDM, SEGEPLAN 2010.)

- **Recursos Naturales**

Su zona de vida es bosque muy húmedo montano subtropical (BMHMS)

Precipitación pluvial: 2,000 mm anuales

Temperatura promedio anual: 12° C.

Pendientes: 5% a 12%, hasta el 32%.

Producción: bosques de coníferas, frutales deciduos y hortalizas diversificadas. (PDM, SEGEPLAN 2010.)

- **Suelo**

Los suelos son superficiales, de textura pesada, de color gris oscuro a negro. La pendiente está en los rangos de 12 a 32% y de 32 a 45% y más de 45%. El otro tipo de suelo es de superficie o textura pesada, bien drenado, de color pardo, aunque en partes onduladas el drenaje es deficiente.

- **Actividad agrícola**

En el sector primario de la economía se ubican dos rubros principales, el agrícola y el pecuario; en ellos el grueso de la producción lo conforma el maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), papa (*Solanum tuberosum L.*), ovinos, aves y porcinos. El único cultivo para la venta es la papa, el resto de la producción es en su mayoría para autoconsumo.

VI. Objetivos

6.1. General

- 6.1.1. Generar información sobre la variabilidad morfológica de parientes silvestres de papa (*Solanum tuberosum L.*); en la Meseta de los Cuchumatanes del departamento de Huehuetenango.

6.2. Específicos

- 6.2.1. Caracterización morfológica In situ los parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum L.*) presentes en la Meseta de los Cuchumatanes de Huehuetenango.
- 6.2.2. Identificar los lugares con presencia de parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum L.*)
- 6.2.3. Identificar taxonómicamente los parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum L.*) presentes en la Meseta de los Cuchumatanes.
- 6.2.4. Analizar preliminarmente el número de ploidia de los parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum L.*), mediante observación de cloroplastos.

VII. Hipótesis

Ha: Existirá variabilidad morfológica en los parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum L.*) presentes en la Meseta de los Cuchumatanes.

VIII. Metodología

La metodología se desarrolló de acuerdo a los objetivos planteados, tal como se detalla a continuación:

8.1. Georeferenciar la distribución de los parientes silvestres de papa en la Meseta de los Cuchumatanes

La búsqueda de los parientes silvestres de papa se realizó inicialmente en las comunidades ubicadas en la parte alta de la Meseta de los Cuchumatanes del departamento de Huehuetenango, específicamente en las comunidades de Huitón Grande, Tunimá del municipio de Chiantla y comunidades de Todos Santos específicamente Chemal y Chichim; considerando el rango altitudinal en que se desarrolla el cultivo de la papa, oscilando entre 2,000 a 3,600 metros sobre el nivel del mar; las áreas antes mencionadas se tomaron en cuenta en base a consultas con agricultores quienes en años anteriores observaron materiales con características similares al cultivo la papa (*Solanum tuberosum L.*)

Se efectuaron recorridos exploratorios hacia las comunidades antes mencionadas, con el fin de detectar a los agricultores que poseían plantas silvestres de papa, apoyándome en las organizaciones base de la Asociación de los Cuchumatanes (ASOCUCH).

En el estudio se sostuvieron pláticas con agricultores, visitando comunidades de los municipios de Aguacatán y San Juan Ixcoy, comunidades con rangos altitudinales similares a las comunidades de los municipios de Chiantla y Todos Santos Cuchumatán, visitas que fueron positivas encontrando materiales en la comunidad Los Cifuentes de la aldea Clinovillo del municipio de Aguacatán y en la aldea Captzín II de San Juan Ixcoy.

En cada una de las localidades donde se encontraron plantas silvestres de papa, se llenó una libreta de campo o de colecta de cada uno de ellos, se georeferenciaron por medio de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global), registrando las alturas (msnm) y coordenadas geográficas, con la finalidad de registrar la procedencia y presencia de las mismas por medio de una libreta de campo.

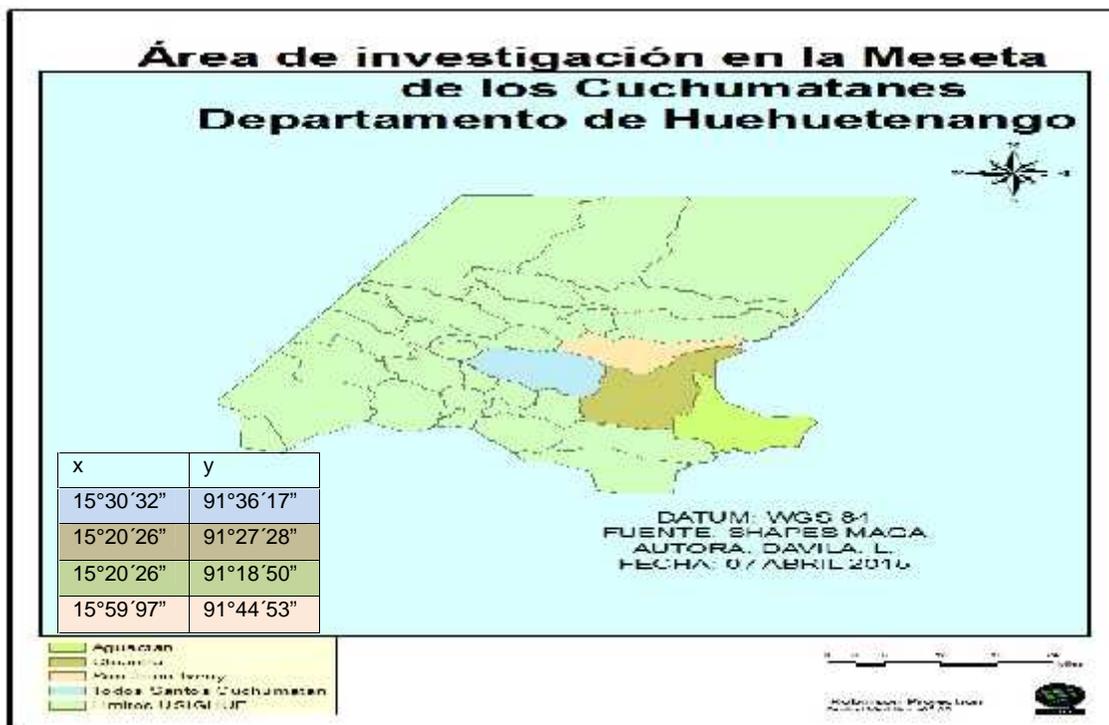


Figura 5: área de investigación en la Meseta de los Cuchumatanes.

Fuente: elaborada por el autor, 2015.

8.2. Caracterización morfológica in situ de parientes silvestres de la papa

La caracterización in situ morfológica de papa se llevó a cabo mediante el empleo de un descriptor desarrollado por René Gómez Zarate, M. Sc del CIP Perú (ver anexos) en donde se incluyeron características cualitativas, las cuales se mencionan a continuación.

Variables cualitativas

hábito de crecimiento	pigmentación en el pistilo
forma de la hoja	color del cáliz
color del tallo	color del pedicelo
forma de las alas del tallo	color de la baya
grado de floración	madurez
forma de la corola	color de piel del tubérculo
color de la flor	color de pulpa del tubérculo
pigmentación en anteras	color del brote

8.3. Identificación taxonómica de los parientes silvestres de la papa

Para la identificación taxonómica de los parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum* L.), se procedió a recolectar muestras vegetativas en campo, tomando en cuenta: guías, hojas, flores y frutos. Para lo cual se hizo uso de tijeras de podar, prensas de madera, cartón, papel periódico y pita.

Una vez colectadas las primeras muestras se visitó los herbarios BIGUA de La Escuela Biología y “Prof. José Ernesto Carrillo” de la Facultad de agronomía en donde se obtuvo información importante para un buen procedimiento de herborización.

Teniendo las plantas herborizadas se usó la Flora de Guatemala, Según Standley y Steyermark (1946), a través de sus claves dicotómicas y considerando las características de las especies silvestres de papa referidas por Spooner et al., 1998. Así mismo, se consultó la página de; The Plant List.org, que agrupa a varios herbarios a nivel internacional. (12.12)

8.4. Análisis de conteo de cloroplastos en células guarda de los estomas

Para la realización de este análisis se coordinó con la ingeniera Glenda Pérez del ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola) quien es la encargada de realizar dichos análisis, para lo cual se hizo necesario realizar visitas de campo, con la finalidad de recolectar las primeras muestras y observar el procedimiento; fueron utilizados los siguientes materiales:

- Agua estilizada.
- Tijeras y pinzas esterilizadas.
- Cajas Petri.
- Servilletas mayordomo.
- Una hielera.
- Bolsas de cierre hermético.

En esta primera visita al campo se llevó muestras al laboratorio de las especies *Solanum demissum* Lindl., *Solanum clarum* Correll, posteriormente se recolectaron muestras de las especies *Jaltomata confinis* y *Solanum agrimoniifolium* y fueron llevadas al laboratorio.

IX. Análisis y discusión de resultados

9.1. Georeferenciación de la distribución de los parientes silvestres de papa en la Meseta de los Cuchumatanes.

A continuación en el cuadro 4, se presentan las especies de papa silvestre encontradas, con su respectiva ubicación geográfica coordenadas en GTM.

Cuadro 4: procedencia y ubicación geográfica de especies de papa silvestres en la Meseta de Los Cuchumatanes.

Lugar	Fecha	Especie	Altitud (msnm)	Coordenadas	
				x	y
Aldea Huitón Chiantla	18/06/2014	<i>Solanum clarum</i> Correll	3,415	397915	1714631
Aldea Tunimá Chiantla	27/06/2014	<i>Solanum clarum</i> Correll	3,250	401268	1712915
Aldea Arenales Chiantla	12/08/2014	<i>Solanum clarum</i> Correll	3,232	404705	1709043
Aldea Chemal I Todos Santos Cuchumatán	20/07/2014	<i>Solanum demissum</i> Lindl.	3,449	393170	1716815
Aldea Huitón Grande parte norte. Chiantla	07/08/2014	<i>Solanum demissum</i> Lindl.	3,487	395563	1715384
Caserío Los Cifuentes Aldea Clinovillo Aguacatán.	14/08/2014	<i>Solanum agrimoniifolium</i> Rydb Dunal	3,094	408449	1713509
Aldea Captzin II San Juan Ixcoy.	20/09/2014	<i>Solanum agrimoniifolium</i> Rydb Dunal	3,148	411316	1728756
Caserío Los Cifuentes Aldea Clinovillo Aguacatán.	14/08/2014	<i>Solanum clarum</i> Correll	3,094	408448	1713506
Aldea Huitón Chiantla.	18/06/2014	<i>Solanum clarum</i> Correll	3,415	397910	1714629
Aldea Chemal I Todos Santos Cuchumatán	24/07/2014	<i>Solanum demissum</i> Lindl.	3,449	393171	1716817
Aldea Chemal I Todos Santos Cuchumatán	23/07/2014	<i>Jaltomata confinis</i>	3,451	393285	1716952

Fuente: elaborado por el autor, 2015. (Ver dictamen en anexos)

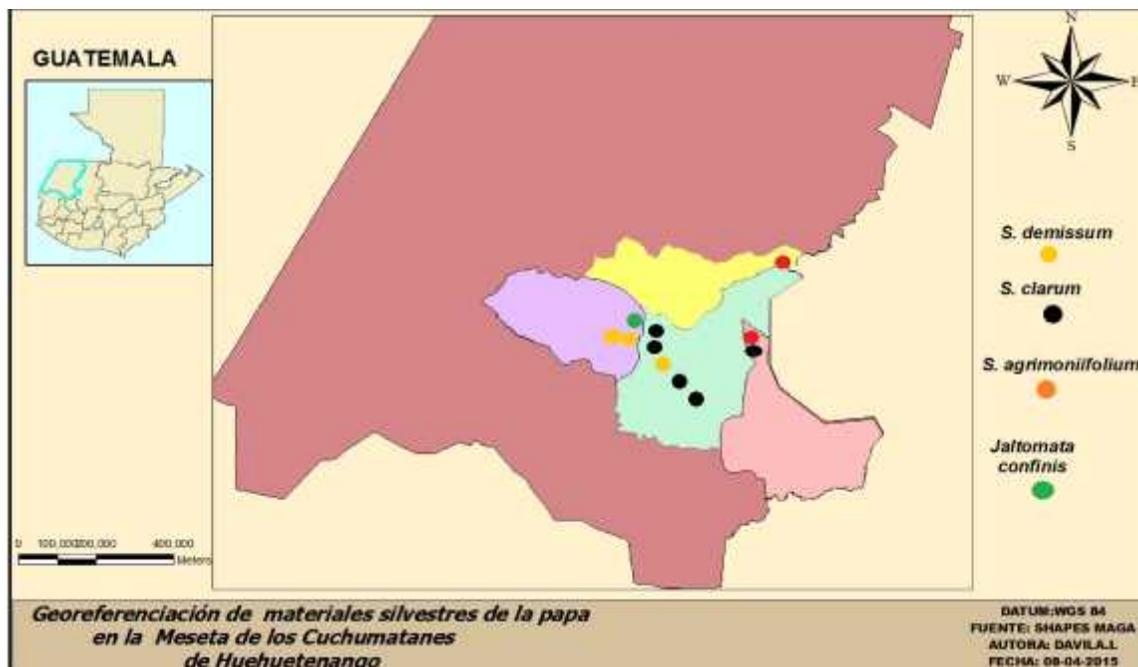


Figura 6: ubicación de parientes silvestres de la papa (*S. tuberosum L.*), en la meseta de los Cuchumatanes.

Fuente: Elaborado por el autor, 2015.

9.2 Caracterización morfológica in situ de cada pariente silvestre de la papa (*Solanum tuberosum L.*) identificado.

9.2.1 Datos generales morfológicos

Los datos de la caracterización morfológica fueron registrados utilizando el descriptor del Centro Internacional de la papa “Descriptor de papa silvestre desarrollado por René Gómez Zarate, M. Sc del CIP Perú”, anotando en ellas la medición de cada una de las características a estudiar por material encontrado.

a. *Solanum clarum* Correll

La especie *S. clarum* posee hojas simples y glabras, flores con los lóbulos de la corola de color púrpura en la punta y blanco hacia la base. Esta especie da entre 2 y 4 tubérculos por planta bien desarrollada. Su ciclo de vida es de siete meses a partir de su germinación, cuando llega a la fase de madurez sus hojas se ponen amarillentas y se caen.

No todos los tubérculos que produce generan brote, de cuatro tubérculos colectados en la aldea Huitón Grande del municipio de Chiantla, únicamente generó brote uno a los 36 días de estar en un lugar oscuro y con una temperatura de entre 12 a 22°C. La generación del brote no fue en el hábitat natural de la planta sino en condiciones altitudinales menores. La planta alcanza una altura de 25 centímetros en su hábitat natural.

Tabla 1: datos morfológicos de *Solanum clarum* Correll

Habito de crecimiento	Semi-erecto	
Tallo	Color verde altamente pigmentado en color morado, posee alas en forma ondulada.	
Hoja	Disectada, con un par de folíolos laterales, carece de interhojuelas entre folíolos.	
Flor	El color de la flor es lila intenso, con líneas moradas en el haz de los lobulos de la corola, la forma que posee la corola es estrellada.	
Grado de floración	El grado de floración es escasa (6 flores por inflorescencia).	

Baya	El color de la baya es verde con puntos blancos cuando esta tierno y amarillo claro en su madurez. Tiene una forma ovoide.	
Forma del tubérculo	El tubérculo posee más de una forma, las formas más marcadas fueron oblongo y oblongo alargado.	
Piel del tubérculo	El color de la piel del tubérculo es morado oscuro, con puntos blancos.	
Pulpa del tubérculo	El color de la pulpa es crema con pocas manchas moradas.	
Brote	El color del brote es blanco verdoso, con tres yemas una principal y dos laterales.	

Fuente: elaborado por el autor (2014).

b. *Solanum demissum* Lindl.

La especie *Solanum demissum* crece en forma de roseta y en ocasiones es ascendente a una altitud menor a la de su hábitat; los foliolos son sésiles, redondeados y obtusos en el ápice, corola lila.

Posee un tubérculo por planta el cual si la planta llega a su fase de madurez y no se arranca se corre el riesgo que se pudra, según lo observado en la presente investigación por lo que se cree que su reproducción puede ser por medio de las semillas que posee la baya.

Su raíz es delgada y larga por lo que el tubérculo se encuentra bien enterrado. Sus hojas y tallo presentan pubescencia. Se colectaron dos tubérculos uno se lavó y se colocó en un lugar oscuro pero no generó brote, el otro se dejó semi-enterrado junto a un ciprés común (*Cupressus spp.*) y generó un pequeño y delgado brote en un hábitat con condiciones altitudinales menores al de su hábitat natural.

La planta tiene una altura de 12 centímetros en altitudes de 3,356 m.s.n.m y a una altitud de 2,000 m.s.n.m alcanza una altura entre 18 y 23 centímetros.

Tabla 2: datos morfológicos de *Solanum demissum* Lindl.

Hábito de crecimiento	Postrado.	
Tallo	Color verde pigmentado ligeramente con morado, con pubescencia y alas rectas.	
Hoja	Disectada, con dos pares de folíolos laterales, un par de interhojuelas entre folíolos.	

<p>Flor</p>	<p>El color de la flor es lila, la corola es de forma muy rotada con líneas plateadas en el haz y la antera es pigmentada en color amarillo.</p>	
<p>Grado de floración</p>	<p>Su grado de floración es escasa (3 flores por inflorescencia).</p>	
<p>Baya</p>	<p>La baya tiene un color verde con puntos blancos, en su madurez el color tiende a ser amarillo claro. Su forma es globosa.</p>	
<p>Forma del tubérculo</p>	<p>El tubérculo tiene una forma ovalada, con ojos semiprofundos.</p>	
<p>Piel del tubérculo</p>	<p>El color de la piel del tubérculo es blanco.</p>	
<p>Pulpa del tubérculo</p>	<p>La pulpa del tubérculo es de color crema.</p>	
<p>Brote</p>	<p>El brote es de color blanco verdoso, con una única yema principal.</p>	

c. *Solanum agrimoniifolium* Rydb Dunal

La especie *S. agrimoniifolium* posee hojas compuestas, con 5 ramificaciones y cada ramificación con 4 folíolos laterales, flores con corola de color lila a morado de 2,5 cm. de diámetro, bayas cónicas apicalmente agudas.

La altura de la planta oscila entre 55 y 72 centímetros, su ciclo de vida es de 6 meses, da entre 4 y 6 tubérculos por planta de formas variantes entre redondos, oblongos y alargados; el brote se generó a 25 días de estar el tubérculo en un lugar oscuro y con una temperatura entre 12 y 18°C.

Tabla 3: datos morfológicos de *Solanum agrimoniifolium* Rydb Dunal

Hábito de crecimiento	Semi-arrosetado	
Tallo	Color verde, altamente pigmentado en color rojizo posee alas onduladas.	
Hoja	Posee hojas compuestas, con 4 pares de folíolos laterales, y 2 pares de interhojuelas entre folíolo.	
Flor	El color de la flor es lila, con líneas plateadas en haz, antera pigmentada en color amarillo y la forma de la corola es estrellada semi arrosetada.	
Grado de floración	El grado de floración es moderada (con 12 flores por inflorescencia).	

		
Baya	El color de la baya es verde, posee una forma ovoide con mucrón terminal.	
Forma del tubérculo	El tubérculo tiene diversas formas, la más marcada fue oblongo alargado.	
Piel del tubérculo	El color de la piel del tubérculo es amarillo claro.	
Pulpa del tubérculo	El color de la pulpa del tubérculo es crema.	
Brote	El color del brote es blanco verdoso, con una yema principal y una lateral.	

d. *Jaltomata confinis*

La especie *Jaltomata* posee un hábito postrado, carece de tubérculo pero posee una raíz gruesa que al partirla tiene una pulpa blanca con un olor parecido al que genera la papa criolla producida en la región. Su baya es muy apetecible tiene un sabor dulce y con diminutas semillas en su interior.

Fue observada con un mejor desarrollo en un hábitat rocoso y a la luz del sol. Una de sus formas de reproducción es por estolones y no se afecta si la planta está pequeña y se trasplanta según lo observado en la presente investigación.

Tabla 4: datos morfológicos de *Jaltomata confinis*

Habito de crecimiento	Postrado	
Tallo	El color del tallo es verde pálido con pigmentos en verde oscuro, con alas rectas.	
Hoja	Hoja simple, con un par de folíolos terminales, carece de interhojuelas.	
Flor	La flor tiene color amarillo claro, la corola tiene forma estrellada, con anteras pigmentadas en color amarillo.	
Grado de floración	Su floración es escasa (4 flores por inflorescencia).	
Baya	La baya es de color verde cuando esta tierna y predominantemente pigmentada en color morado oscuro en su madurez. Tiene forma globosa.	

Forma del tubérculo	Carece de tubérculo, posee una raíz alargada.	
Piel del tubérculo	La piel de la raíz es de color crema.	
Pulpa del tubérculo	La pulpa de la raíz de color blanco.	
Brote	El brote es de color verde.	

9.2.2 Hábitat

➤ **Solanum clarum Correll**

Con respecto al hábitat de esta planta, crece asociada y a la sombra de *Juniperos sp.*; entre broza, planta poco frecuente muy apetecible para los ovinos.

Encontrada a una altitud de 3,415 m.s.n.m; esta especie fue encontrada en aldea Huitón, aldea Arenales y aldea Tunimá del municipio de Chiantla.

Se colectó una muestra de tubérculo se sembró en maceta bajo la sombra de ciprés común (*Cupressus spp.*) a una altitud de 2,000 m.s.n.m los cambios que se observaron fueron menos pigmentación en el tallo, menor diámetro, y tubérculo más pequeño. No requiere un riego constante para su desarrollo.



Figura 7: hábitat de *Solanum clarum* Correll

➤ ***Solanum demissum* Lindl.**

La especie *S. demissum* se desarrolla a orilla del cultivo de *Solanum tuberosum* L., entre gramíneas, compuestas y zacatón a una altitud de 3,449 m.s.n.m en la aldea Chemal I de Todos Santos Cuchumatán y a una altitud de 3,487 m.s.n.m en la aldea Huitón Grande de Chiantla. A una altitud de 2,000 m.s.n.m no generó cambios morfológicos, únicamente incrementó su altura en 9 cms.



Figura 8: hábitat de *Solanum demissum* Lindl.

➤ ***Solanum agrimoniifolium* Rydb Dunal:**

Esta especie habita en el área boscosa entre broza, trozos de pino (*Pinus spp.*), expuesta a la luz solar, asociada con hierba mora silvestre (*Solanum nigrum* L.) La primera planta fue encontrada en el caserío Los Cifuentes de la aldea Clinovillo del municipio de Aguacatán. Se hizo un amplio recorrido en el área pero no se encontraron más plantas. La segunda planta se encontró en la aldea Captzin II de San Juan Ixcoy.



Figura 9: hábitat de *Solanum agrimoniifolium* Rydb Dunal

➤ ***Jaltomata confinis* (C.V. Morton) J.L. Gentry**

Habita entre rocas, expuesta a la luz solar, fue encontrada en la aldea Chemal I de Todos Santos Cuchumatán, según pláticas con agricultores del área esta planta es anual y se puede decir que es la más frecuente de todas las que se mencionan en la

investigación. Ha sido vista también a orillas y entre el cultivo de *Solanum tuberosum* L.



Figura 10: hábitat de *Jaltomata confinis* (C.V. Morton) J.L. Gentry

9.2.3 Resistencia a efectos climáticos y/o enfermedades

Es importante mencionar que las especies *Solanum clarum*, *S. demissum* y *S. agrimoniifolium* se encuentran identificadas en la Flora de Guatemala por Paul C. Standley y Julián Steyermark publicada 1958.

Encontradas las dos primeras en el departamento de Huehuetenango, no especifica el lugar y la tercera en Totonicapán la cual en este estudio fue encontrada en Huehuetenango y la cuarta especie *Jaltomata confinis* identificada también, en la flora no especifica el lugar de colecta. Han sobrevivido a los cambios climáticos, a la deforestación y a los cambios de suelo.

En cuanto a la resistencia a plagas y enfermedades puedo hacer mención únicamente de la especie *Solanum demissum* y *Jaltomata confinis* que fueron las dos especies encontradas a orillas y dentro de la papa cultivada, en el caso de *S. demissum* presentó resistencia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*) fue encontrada cercana a plantas de *Solanum tuberosum* L., con síntomas de tizón tardío, *J. confinis* de igual forma y es resistente a las heladas, en el caso de *S. demissum* es moderadamente resistente a heladas.

En cuanto a plagas no presentaron síntomas de afecciones. Por lo que precisa un estudio específico para determinar su resistencia a enfermedades y plagas comunes de la papa cultivada.

Las especies *Solanum clarum* y *Solanum agrimoniifolium* fueron encontradas en hábitat boscoso por lo que se desconoce a simple vista su resistencia o afección a las enfermedades y plagas de la papa cultivada.

En cuanto a las heladas la especie *S. clarum* se observó ligeramente afectada, mientras que *S. agrimoniifolium* no se vio afectada.

9.3. Análisis de la información usando el método de Clúster

Para analizar los datos de la caracterización morfológica se partió de la construcción de una Matriz Básica de Datos (MBD) en una hoja electrónica en Excel, la cual se utilizó para realizar el análisis estadístico con el programa Statistica (Clúster), se realizó un análisis de conglomerados y de componentes principales.

Este análisis permite agrupar las variables que se asocian por similitud. Hay un gran número de técnicas para llevar a cabo este análisis, tales como: las exclusivas, jerárquicas, aglomerativas, y secuenciales; sin embargo estas se guían por el siguiente patrón similar: se examina la matriz de similitud y se detecta la mayor similitud entre las unidades experimentales, estas nuevas unidades taxonómicas son incorporadas a núcleos utilizando matrices derivadas.

Las técnicas de agrupamiento se representan gráficamente a través de un dendograma y por utilizar caracteres genéticos se le conoce con el nombre de fenograma.

De las especies caracterizadas se realizó un análisis de componentes principales, procediendo a utilizar una matriz básica de datos en una hoja electrónica (Excel).

Los valores obtenidos en la matriz básica, se ingresaron al programa estadístico Statistica, en donde se obtuvo el agrupamiento de especies de acuerdo a sus características de mayor similitud.

9.3.1 Análisis de conglomerados

Para la caracterización morfológica in situ de los parientes silvestres de la papa, se analizaron un total de 31 características (cualitativas y cuantitativas), mismas que se tomaron en cuenta para el análisis de conglomerados (Clúster), en la formación de grupos, tal como se presenta en el siguiente fenograma.

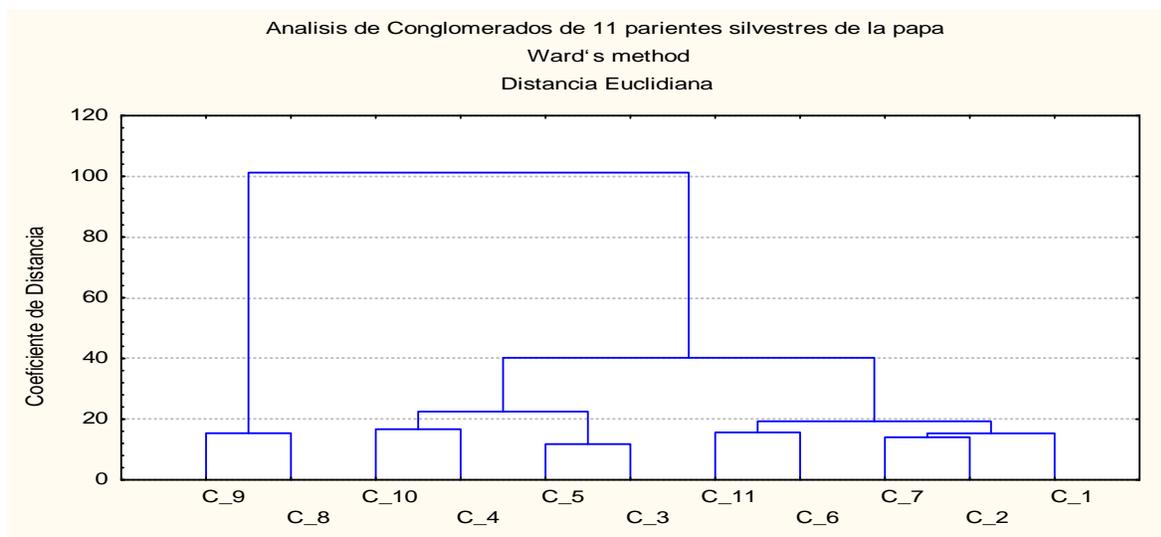


Figura 11: análisis de conglomerados para 11 muestras de parientes silvestres de la papa.

Fuente: elaborado por el autor (2015).

C1, C2, C6, C8 S. clarum	C3, C5, C7, C10 S. demissum	C4 J. confinis	C9, C11 S. agrimoniifolium
---	--	---------------------------------	---

De las especies *Solanum demissum* Lindl. y *Solanum clarum* Corell, fueron recolectadas cuatro muestras de cada una en lugares diferentes, de las cuatro muestras recolectadas dos fueron evaluadas en su hábitat natural y dos a altitudes menores con el fin de observar cambios, los cambios más relevantes fueron mayor altura, menor pigmentación en tallo, menos pubescencia en *S. demissum*, a altitudes menores de su hábitat.

La especie *S. agrimoniifolium* fue encontrada en dos localidades presentando diferencias en altura y color del tallo.

Jaltomata confinis solo fue recolectada una muestra; por lo que se concluye que los cambios morfológicos presentados en las especies están relacionados a condiciones ambientales.

Como se observa en el fenograma de la figura 1, a un coeficiente de distancia de 100, se conformaron dos grupos de parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum L.*).

El primer grupo estuvo conformado por los materiales C8 y C9 respectivamente. El segundo gran grupo por los materiales (C10, C4, C5, C3, C11, C6, C7, C2 y C1).

Cuadro 5: características que diferenciaron a los grupos de parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum L.*) formados en el análisis de conglomerados.

No.	Característica	Grupo I (C9, C8) <i>S. agrimoniifolium</i> , <i>S. clarum</i>	Grupo II (10, 4, 5, 3, 11, 6, 7, 2 y 1) <i>S. demissum</i> , <i>J. confinis</i> , <i>S. agrimoniifolium</i> , <i>S. clarum</i>
1	Altura de planta (cms.)	55.50	15.11
2	Número de interhojuelas sobre peciolos	ausente, pares	ausentes
3	Color del tallo	pigmentado con poco verde	verde, verde con pocas manchas, pigmentado con poco verde, rojizo y morado
4	Forma de las alas del tallo	ausente, ondulado	recto, ondulado
5	Forma de la corola	estrellada	estrellada y muy rotada
6	Color predominante de la flor	lila	blanco, lila, morado
7	Color del cáliz	morado	verde, verde con pocas manchas, morado
8	Color del pedicelo	completamente pigmentado	verde, ligeramente pigmentado a lo largo s/artic, completamente pigmentado
9	Madurez	medio (120 a 149 días)	muy precoz (menor a 90 días), precoz (90 a 119 días), medio y tardío (mayor a 180 días)
10	Forma general del tubérculo	oblongo-alargado	redondo, ovalado, oblongo, oblongo-alargado y alargado
11	Variante de forma del tubérculo	reniforme	ausente, reniforme, falcado
12	Color secundario de pulpa del tubérculo	ausente	ausente, blanco, crema
13	Distribución del color secundario de la pulpa	ausente	ausente, áreas, anillo vascular angosto, todo menos médula

Las características por las cuales se diferenciaron los grupos formados de parientes silvestres de la papa fueron un total de trece.

Estableciéndose que los materiales del grupo I, se caracterizaron por presentar mayor altura de planta, la pigmentación de sus tallos fue con poco verde, la forma de alas de sus tallos varió de ausente a ondulada, la forma de la corola fue estrellada, presentando flores de color lila y cáliz morado.

Así mismo; el color del cáliz fue completamente pigmentado, su madurez fue tipo medio oscilando entre los 210 a 149 días; la forma general de los tubérculos fue oblonga-alargada, con variante de forma reniforme, el color secundario de la pulpa estuvo ausente al igual que la distribución secundaria de su color.

Los parientes silvestres que conformaron el grupo II, se caracterizaron por presentar plantas más pequeñas en altura, el número de inter hojuelas sobre peciolos estuvo ausente; presentaron variaciones en el color de sus tallos y en la forma de las alas del mismo variando de recio a ondulado.

El color predominante de las flores fue variable con tres colores (blanco, lila y morado), de igual manera el color del cáliz variando de verde, verde con pocas manchas y morado. Los parientes silvestres de este segundo grupo, reportaron variaciones en su madurez fisiológica; también la forma general de sus tubérculos fue variable al igual que el color secundario y su distribución en la pulpa del tubérculo respectivamente.

Como se observa en el fenograma de la figura 11, a un coeficiente de distancia de 40 en el grupo II se formaron dos subgrupos; el primero conformado por los materiales (C10, C4, C5 y C3) y el subgrupo II por los materiales (C11, C6, C7, C2 y C1) respectivamente

Cuadro 6: características que diferenciaron a los subgrupos de parientes silvestres de la papa formados en el grupo II.

No.	Característica	Subgrupo I (C10, C4, C5 y C3) <i>S. demissum, J. confinis,</i>	Subgrupo II (C11, C6, C7, C2 y C1) <i>S. agrimoniifolium, S. clarum, S. demissum</i>
1	Hábito de crecimiento	postrado, semi-arrosetado, arrosetado	erecto, semi-erecto, decumbente, postrado
2	Altura de planta (cms.)	6.50	22.0
3	Número de pares foliolos laterales	ausente, 2 pares, 3 pares	ausente, 1 par, 2 pares, 7 o más
4	Grado de floración	sin botones, escasa	floración escasa, moderada
5	Color secundario de la flor	ausente, morado	ausente, blanco
6	Pigmentación en el pistilo	sin antocianinas, ovario pigmentado, pigmentación en pared interna del ovario	sin antocianinas, estigma pigmentado,
7	Color del pedicelo	verde, ligeramente pigmentado a lo largo	verde, ligeramente pigmentado a lo largo, completamente pigmentado
8	Forma general del tubérculo	ovalado, oblongo, alargado	redondo, ovalado, oblongo-alargado
9	Color predominante de pulpa del tubérculo	amarillo claro	blanco, crema, amarillo claro
10	Color secundario del brote	ausente, blanco-verdoso	ausente, rosado, morado

Fuente: elaborado por el autor (2,014).

Las características por las cuales se diferenciaron los subgrupos formados en el grupo II fueron un total de diez. Estableciéndose que los materiales del subgrupo I, reportaron plantas de menor altura, el número de pares de foliolos laterales varió de ausente hasta 3 pares, el grado de floración fue sin botones y escasa. La forma general del tubérculo varió de ovalado, oblongo y alargado con color predominante amarillo claro y un color secundario del brote de blanco y verdoso respectivamente.

Por su parte los materiales del subgrupo II, presentaron hábitos de crecimiento erecto, semi-erecto, decumbente y postrado. Sus plantas reportaron mayor altura (22 cms.), su grado de floración varió de escasa a moderada con un color secundario blanco. La forma de sus tubérculos reportó tres variaciones (redondo, ovalado, oblongo-alargado) al igual que el

color predominante de la pulpa de los tubérculos (blanco, crema y amarillo claro), registrando un color secundario de rosado y morado respectivamente.

Como se aprecia en el fenograma de la figura 11, el subgrupo I del grupo II a un coeficiente de distancia de 24 formó dos conjuntos. El primero estuvo integrado por los materiales C10 y C4; por su parte el segundo conjunto lo conformaron los materiales C5 y C3 respectivamente. Las características por las cuales se diferenciaron ambos conjuntos, se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 7: características que diferenciaron a los conjuntos formados en el subgrupo I del grupo II de parientes silvestres de papa.

No.	Característica	Conjunto I (C10, C4) <i>S. demissum, J. confinis</i>	Conjunto II (C5, C3) <i>S. demissum</i> (diferente ubicación)
1	Hábito de crecimiento	postrado, arrosetado	semi-arrosetado
2	Altura de planta (cms.)	8.50	4.50
3	Forma de la hoja	entera, disectada	disectada
4	Color del tallo	verde con pocas manchas, pigmentado con poco verde	rojizo, morado
5	Color predominante de flor	blanco	lila
6	Color secundario de la flor	ausente	morado
7	Distribución del color secundario de la flor	ausente	bandas en el envés
8	Color de la baya	predominantemente pigmentado	verde
9	Forma de la baya	Globosa	ovoide
10	Madurez	muy precoz (menor a 90 días), tardío (150 a 179 días)	precoz (90 a 119 días), medio (120 a 149 días)
11	Forma general del tubérculo	oblongo, alargado	ovalado
12	Color de la piel del tubérculo	amarillo, negruzco	blanco-crema, anaranjado
13	Profundidad de ojos del tubérculo	sobresaliente, superficial	medio
14	Color secundario pulpa del tubérculo	blanco, crema	ausente
15	Distribución color secundario de pulpa del tubérculo	áreas, anillo vascular angosto	ausente

Como se observa en el cuadro 7, ambos conjuntos formados en el subgrupo I del grupo II difirieron en 15 características en la morfología de la planta. Caracterizándose los materiales del conjunto I por presentar plantas de mayor altura, variaciones en el color de sus tallos. El color predominante de la flor fue blanco sin presencia de algún color secundario. Las bayas fueron predominantemente pigmentadas de forma globosa, su madurez osciló de muy precoz a tardía.

La forma general de sus tubérculos varió de oblongo a alargados con una coloración en su piel de amarillo a negruzco, reportando profundidad de ojos de sobresalientes a muy superficiales. Finalmente el color secundario de la pulpa del tubérculo varió de blanca a crema con una distribución de color en áreas y anillo vascular respectivamente.

El segundo conjunto, se caracterizó por presentar hábito de crecimiento semi-arrosetado, la forma de sus hojas fue disectada: sus tallos reportaron colores rojizos y morados. El color predominante de sus flores fue lila con un color secundario morado distribuidos en bandas en el envés.

Las bayas adquirieron una tonalidad de color verde con forma ovoide. Su madurez varía de precoz a media. Sus tubérculos obtuvieron forma ovalada, variando el color de su piel de blanco-crema y anaranjado, reportaron profundidades de los ojos del tubérculo tipo medio. Tanto el color secundario de la pulpa del tubérculo como su distribución estuvieron ausentes.

Tal como se observa en el fenograma, en el subgrupo II del grupo II a un coeficiente de distancia de 20 se formaron dos conjuntos. El primer conjunto lo integraron los materiales C11 y C6; mientras que el segundo conjunto lo conformaron los materiales C7, C2 y C1 respectivamente.

Cuadro 8: características que diferenciaron a los conjuntos formados en el subgrupo II del grupo II de parientes silvestres de papa.

No.	Característica	Conjunto I (C11, C6) <i>S. agrimoniifolium</i> , <i>S. clarum</i>	Conjunto II (C7, C2, C1) <i>S. demissum</i> , <i>S. clarum</i> (diferente ubicación)
1	Hábito de crecimiento	semi-erecto	erecto, decumbente, postrado
2	Altura de planta (cms.)	24	20.67
3	Color predominante de la flor	lila	blanco, morado
4	Distribución color secundario de la flor	acumen (blanco)-envés, bandas en el envés	ausente, acumen (blanco)-ambos
5	Color del cáliz	morado	verde, verde con pocas manchas
6	Color del pedicelo	completamente pigmentado	verde, ligeramente pigmentado a lo largo
7	Madurez	medio (120 a 149 días), tardío (150 a 179 días)	muy precoz (menor a 90 días), precoz (90 a 119 días)
8	Color predominante de la pulpa del tubérculo	crema	blanco, amarillo claro

Fuente: elaborado por el autor (2,015).

Como se puede observar en el cuadro 8, los conjuntos formados en el subgrupo II del grupo II, difirieron en ocho características. Caracterizándose los materiales del conjunto I en presentar hábito de crecimiento semi-erecto, plantas de mayor altura.

El color predominante de la flor fue lila, con una distribución de color secundario con variaciones de acumen (blanco)-envés y bandas en el mismo. El color del cáliz fue morado, con pedicelos completamente pigmentados. La madurez varió de media a tardía, finalmente el color predominante de la pulpa de sus tubérculos fueron crema.

En lo que respecta a los materiales incluidos en el conjunto II, estos reportaron tres diferentes hábitos de crecimiento, siendo erecto, decumbente y postrado respectivamente. El color predominante de sus flores varió de blanco a morado.

El color del cáliz varió de verde a verde con pocas manchas, reportando dos colores en sus pedicelos, siendo estos verde y ligeramente pigmentado.

La madurez varió de muy precoz a precoz. Por último el color predominante de la pulpa del tubérculo varió de blanco a amarillo claro.

Finalmente observamos en el fenograma, que el segundo conjunto perteneciente al subgrupo II del grupo II, a un coeficiente de distancia de 16 formó un subconjunto integrado por los materiales C7 y C2; así como, un material aislado correspondiente a C1 respectivamente.

Cuadro 9: características que diferenciaron al subconjunto del material aislado formado en el conjunto II del subgrupo II en el grupo II de parientes silvestres de papa.

No.	Característica	Subconjunto (C7, C2) <i>S. demissum, S. clarum</i>	Material aislado (C1) <i>S. clarum</i> (colectada en menor altitud)
1	Hábito de crecimiento	decumbente, postrado	Erecto
2	Altura de planta (cms.)	18.50	25
3	Forma de la hoja	disectada	entera
4	Número de folíolos laterales	1 par, 2 pares	ausente
5	Color del tallo	verde, pigmentado con poco verde	morado
6	Color predominante de la flor	morado	blanco
7	Pigmentación en anteras	bandas laterales pigmentadas	sin antocianinas
8	Pigmentación en el pistilo	estigma pigmentado	sin antocianinas
9	Forma de la baya	globosa con mucrón terminal	normal
10	Madurez	precoz (90 a 119 días)	muy precoz (menor a 90 días)
11	Profundidad de ojos del tubérculo	medio	sobresaliente

Fuente: elaborado por el autor (2,015).

Tal como se aprecia en el cuadro 9, las características que diferenciaron al subconjunto y material aislado formado en el conjunto II del subgrupo II incluidos en el grupo II fueron un total de once.

Estableciéndose que el material aislado C1 procedente del cantón Capcincito de la aldea Tunimá presentó hábito de crecimiento erecto por consiguiente plantas de mayor altura. La forma de sus hojas fue entera no presentando foliolos laterales.

Sus tallos fueron de color morado, registrando flores de color blanco y la pigmentación en sus anteras sin antocianinas al igual que el pistilo. Reportó una madurez muy precoz (menor a 90 días), siendo la profundidad de los ojos del tubérculo sobresaliente.

Los materiales que integraron el subconjunto, se caracterizaron por presentar hábitos de crecimiento decumbente y postrado, plantas de menor altura. Sus hojas presentaron forma disectada con variación en el número de foliolos laterales, entre 1 y 2 pares respectivamente.

El color predominante de sus flores fue morado con bandas laterales pigmentadas en sus anteras, su pistilo también fue pigmentado. Sus bayas reportaron forma globosa con mucrón terminal, registrando una madurez precoz (90 a 119 días) y con una profundidad de los ojos de sus tubérculos tipo medio.

9.3.2 Análisis de componentes principales

En base a la matriz básica de datos (anexos), se realizó el análisis de componentes principales, donde se incluyeron 31 características morfológicas. Los valores propios, el porcentaje de variación y el porcentaje de variación acumulada, para cada componente se muestran en el cuadro 10.

Cuadro 10: valores propios y varianza acumulada de los dos componentes principales de parientes silvestres de papa.

Componente principal.	Valor propio.	% Variación.	Variación acumulada.	% Acumulada
1	7.037486	63.97714	7.037486	63.97714
2	1.496462	13.60420	8.533947	77.58134

Fuente: elaborado por el autor (2015).

En el cuadro 10, se puede observar que los primeros dos componentes principales, son suficientes para explicar el 77.58 % de la variabilidad en los 11 parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum L.*) caracterizadas in situ morfológicamente en la Meseta de los Cuchumatanes, del departamento de Huehuetenango.

El porcentaje de variación indica la proporción de variabilidad en las 31 características evaluadas, la cual está contenida o explicada por cada componente principal; lógicamente el componente principal uno, es el que explica la mayor variabilidad con 63.98 % en comparación con el componente principal dos que reportó 13.60% respectivamente.

A continuación en el cuadro 11, de acuerdo a sus valores absolutos no importando si son positivos o negativos, se muestran los valores propios de las 31 variables en estudio por cada componente principal.

Cuadro 11: lista de los valores propios de los dos componentes principales del análisis de 11 muestras de parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

No.	Variable	Componente I	Componente II
1	Hábito de crecimiento	0.244235	0.89934
2	Altura de planta (cms.)	4.855724	-1.13674
3	Forma de la hoja (tipo de disección a)	-0.091190	0.23449
4	Número de pares de folíolos laterales (b)	-0.250058	-0.63853
5	Número de inter hojuelas/folíolos laterales (c)	-0.591146	-0.68213
6	Número de inter hojuelas/peciolos (d)	-0.830612	-0.86806
7	Color del tallo	0.479317	1.51041
8	Forma de las alas del tallo	-0.472204	-0.56011
9	Grado de floración	0.018594	0.17771
10	Forma de la corola	-0.122208	1.48436
11	Color predominante de la flor	0.488324	1.66054
12	Intensidad del color predominante flor (b)	-0.254305	-0.45128
13	Color secundario de la flor (c)	-0.351377	2.21243
14	Distribución del color secundario de la flor (d)	-0.086835	1.68907
15	Pigmentación de anteras	-0.652457	-0.69483
16	Pigmentación en el pistilo	-0.605834	-0.56396
17	Color del cáliz	0.086143	0.67164
18	Color del pedicelo	0.142651	-0.27325
19	Color de la baya	-0.123296	-0.94799
20	Forma de la baya	-0.298443	0.40127
21	Madurez	0.340424	0.39388
22	Forma general del tubérculo	0.615225	-0.43336
23	Color de la piel del tubérculo	0.404865	-0.72955
24	Variante de forma del tubérculo	0.132950	1.21484
25	Profundidad de ojos del tubérculo	0.132950	1.21484
26	Color predominante de la pulpa del tubérculo	-0.200720	0.21966
27	Color secundario de la pulpa del tubérculo	-0.730418	-1.00352
28	Distribución del color secundario de la pulpa	-0.513967	-1.21607
29	Color predominante del brote	-0.591933	-0.48886
30	Color secundario del brote	-0.424480	-1.07277
31	Distribución del color secundario del brote	-0.616971	-1.00864

Fuente: elaborado por el autor, (2015).

Como se observa en el cuadro 11, la característica que conformó el componente principal uno (el eje "x" de la figura 11), y que mayor efecto ejerció sobre la variabilidad de los 11 materiales de papa silvestre estudiadas (63.98 % de la variación) fue la altura de planta.

El segundo componente, que explicó 13.60 % de la variación de la variabilidad en los 11 materiales de papa silvestre, estuvo conformado por las variables: color del tallo, color predominante de la flor, color secundario de la flor, distribución del color secundario de la flor, variante de forma del tubérculo, profundidad de ojos del tubérculo, color secundario de la pulpa del tubérculo, distribución del color secundario de la pulpa del tubérculo, color secundario del brote y distribución del color secundario del brote respectivamente.

A continuación, en la figura 12, se muestra la gráfica de componentes principales, mostrando la formación de grupos que muestra su variabilidad en relación a sus características más marcadas producto de la caracterización morfológica in situ.

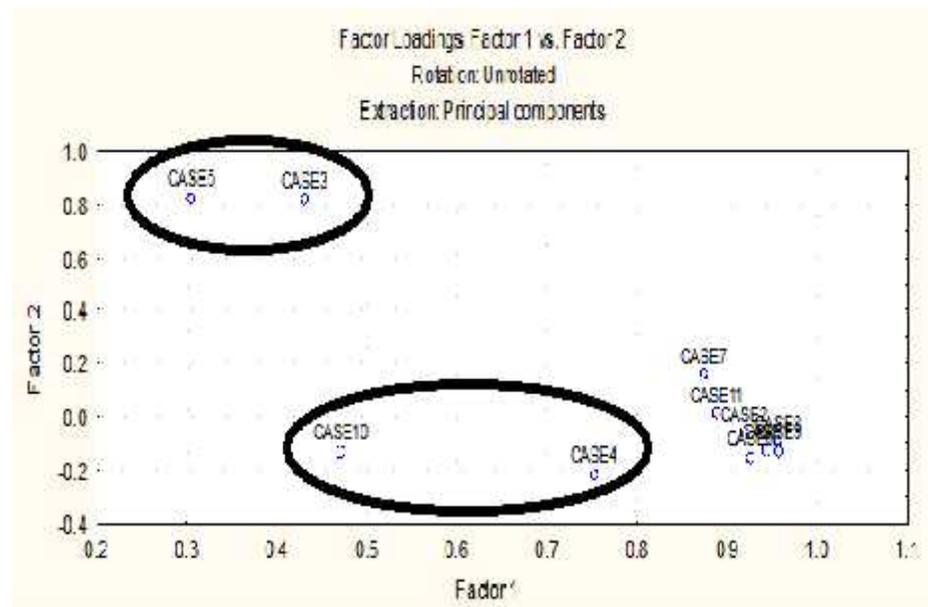


Figura 12: grupos formados de 11 muestras de parientes silvestres de papa (*Solanum tuberosum* L.), en análisis de componentes principales.

Fuente: elaborado por el autor (2015).

Como se observa en la figura 12, se conformaron dos núcleos y un gran grupo de parientes silvestres de la papa, coincidiendo los dos núcleos con los formados en el fenograma (análisis de conglomerados).

El primer núcleo conformado por los materiales C5 y C3 procedentes de la aldea Chemal I del municipio de Todos Santos Cuchumatán, se caracterizaron del resto por presentar hábito de crecimiento semi-arrosetado, fueron plantas de altura pequeña 4.50 cms., la forma de sus hojas es disectada, el color predominante de la flor fue lila, presentando un color secundario morado siendo su distribución en bandas en el envés.

Así mismo, el color de la baya fue verde con forma ovoide; la forma general del tubérculo fue ovalada con profundidad de ojos medio; y posteriormente no presentó color secundario de la pulpa del tubérculo.

El segundo núcleo estuvo conformado por los materiales C10 y C4, procedentes de la aldea Huitón Grande y Chemal I respectivamente. Se caracterizaron por presentar plantas de altura baja entre los 8.50 cms.; el color predominante de sus flores fue blanco, sin presencia de color secundario. Sus bayas fueron predominantemente pigmentadas de forma globosa.

El resto de parientes silvestres de la papa integrado por siete materiales, difirieron en varias características entre la cuales podemos mencionar: plantas de mayor altura (22.0 cms.), cáliz morado, forma del tubérculo oblongo-alargado, redondo y ovalado, color predominante del tubérculo entre blanco, crema y amarillo claro.

En síntesis la característica de mayor peso (63.98 %), la estableció el componente principal uno, referida a la altura de planta en centímetros; sin embargo, el componente principal dos reportó un total de 10 características que también influyeron en la variabilidad pero en un bajo porcentaje (13.60 %): color del tallo, color predominante y secundario de la flor, distribución del color secundario de la flor, variante de forma del tubérculo, profundidad de ojos del tubérculo, color y distribución secundario de la pulpa del tubérculo, color y distribución secundario del brote respectivamente.

Similitudes de los parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

El método de clúster y análisis de conglomerados nos describen las similitudes y diferencias de los parientes silvestres, pero a continuación en la tabla 5 y 6 observamos imágenes de las principales similitudes de las cuatro especies identificadas.

Tabla 5: similitudes de los parientes silvestres de la papa (*S. agrimoniifolium* y *S. demissum*)

Características similares	<i>Solanum agrimoniifolium</i>	<i>Solanum demissum</i>
<p>Forma de la corola: las dos especies tienen una corola de forma arrosetada, con líneas plateadas en el haz.</p>		
<p>Pigmentación en el tallo: poseen tallos verdes con pigmentación en color morado.</p>		
<p>Color de la piel del tubérculo: las dos especies tienen un tubérculo de color crema con puntos blancos.</p>		
<p>Hojas compuestas</p>		

Tabla 6: similitudes de los parientes silvestres de la papa (*S. clarum* y *J. confinis*)

Características similares	<i>Solanum clarum</i>	<i>Jaltomata confinis</i>
Forma de la corola: Las dos especies poseen corola con forma estrellada.		
Forma de alas del tallo: Las dos especies tienen alas rectas en el tallo.		
Hojas simples		

9.4 Identificación taxonómica de los parientes silvestres de la papa

Para identificar taxonómicamente las muestras de plantas con características morfológicas que según el descriptor eran similares a la de papa silvestre, se procedió a enviar imágenes escaneadas de cada planta encontrada al Herbario José Ernesto Carrillo de la Facultad de agronomía esto con el objetivo de tener una previa antes de someter la planta a un proceso de herborización. (Ver anexos)

Teniendo el apoyo del herbario se continuó con la herborización de las plantas que si coincidían con características de alguna de las especies de papa silvestre que menciona la Flora de Guatemala, en los primeros recorridos se encontró en dos localidades del municipio de Chiantla la especie *Solanum clarum* Correll.

Posteriormente se encontró una planta de la especie *Solanum demissum* Lindl., en el municipio de Todos Santos Cuchumatán y otra planta de la misma especie en Huitón Chiantla. Al tener muestras de las dos especies mencionadas se procedió a visitar el herbario Prof. José Ernesto Carrillo donde basados en la Flora de Guatemala y con instrumentos como microscopio se logró su identificación, quedando estas muestras como parte ya del herbario.

Se continuó con la investigación de campo visitando a agricultores del área de estudio sin ningún éxito pues cada vez son menos vistas dichas plantas.

Por lo que se expandió el área de investigación a una comunidad del municipio de Aguacatán de características altitudinales y climáticas parecidas a las comunidades tanto Chiantla como de Todos Santos Cuchumatán, después de largos e intensos recorridos se encontró en área boscosa otra planta se tomaron sus características morfológicas, ubicación y una muestra previa la cual se envió para una identificación preliminar al herbario, planta que en su análisis específico pertenecía a la especie *Solanum agrimoniifolium* Rydb Dunal, cabe mencionar que esta especie no había sido encontrada en estudios anteriores en la región.

Otra planta con características interesantes y únicas es la comúnmente llamada y conocida por los agricultores de algunas áreas de la meseta como ixpululai planta que presenta una baya redonda comestible con dulce sabor y agradable para el paladar de los niños.

Esta planta posee características en su follaje similares a la papa cultivada por lo que se tomó en el estudio llevando muestras en dos ocasiones al herbario Prof. José Ernesto Carrillo ya que con la primera muestra no se logró su identificación, por lo que se recolectó nuevamente, se herborizó y se consultó con el Herbario Trópicos donde se obtuvieron datos que facilitaron su identificación perteneciendo a la especie *Jaltomata confinis* de la familia de las Solanáceas. (12.10)

Para finalizar se visitó la aldea Captzin II del municipio de San Juan Ixcoy donde se encontró otra planta perteneciente a la especie *S. agrimoniifolium*.

A continuación se presentan las cuatro especies de papa silvestre identificadas mediante la Flora de Guatemala y la página The Plant List.org

Sistema de Arthur John Cronquist

a. Solanum clarum Correll

Taxonomía Vegetal	Sistema de Arthur John Cronquist
--------------------------	---

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	<i>Solanum L.</i>
Especie	<i>clarum</i>
Sección	Petota

b. Solanum demissum Lindl.

Taxonomía Vegetal	Sistema de Arthur John Cronquist
--------------------------	---

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	<i>Solanum L.</i>
Especie	<i>demissum</i> Lindl.
Sección	Petota

c. *Solanum agrimoniifolium* Rydb Dunal

Taxonomía Vegetal	Sistema de Arthur John Cronquist
Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	<i>Solanum</i> L.
Especie	<i>agrimoniifolium</i> Rydb Dunal
Sección	Petota

d. *Jaltomata confinis*

Jaltomata confinis (CV Morton) JL Gentry es un nombre aceptado. Este nombre es el nombre aceptado de una especie en el género *Jaltomata* (familia de las solanáceas). El expediente se deriva de Trópicos (datos suministrados en 2012-04-18) que informa como un nombre aceptado (expediente 29602906). (12.12)

Taxonomía Vegetal	Sistema de Arthur John Cronquist
Nombre común	Ixpululai
Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Genero	<i>Jaltomata</i>
Especie	<i>confinis</i>
Sección	Petota

9.5 Análisis de conteo de cloroplastos en células guarda (guardianas) de los estomas

Este análisis no fue propuesto inicialmente en la investigación, se realizó con dos objetivos, el primero para tener una idea preliminar del número de ploidía de cada especie encontrada e identificada. Y el segundo para esclarecer pequeñas diferencias presentadas por las plantas de la misma especie pero encontradas en lugares distintos por ejemplo para la especie *Solanum demissum* Lindl., se observó que las plantas encontradas en el municipio de Todos Santos Cuchumatán poseen un grado más alto de pubescencia que la planta encontrada en Huitón Grande del municipio de Chiantla. (12.9)

Este análisis se realizó con la finalidad de obtener información preliminar sobre el número de cromosomas de cada material, así también para identificar las similitudes o diferencia entre dos materiales de la misma especie encontrados en lugares diferentes.

Aunque no es considerada una técnica exacta para la determinación de la ploidía de un genotipo de papa, el conteo de cloroplastos en las células guarda de los estomas permite distinguir el grupo diploide.

Se recomienda utilizar esta técnica solo como una revisión preliminar para la selección de diploides y no para ploidías más altas.

1. Toma de muestra:

Para realizar las evaluaciones se requiere coleccionar de 3 a 5 folíolos jóvenes del tercio superior de cada genotipo que se desea evaluar. Los folíolos se colocan en una placa de Petri que contenga papel toalla o papel filtro humedecido con agua destilada.

2. Procedimiento

Colocar 1 a 2 gotas de solución de yodo-yoduro de potasio u otros reactivos según cuadro (12) en el centro de una lámina portaobjeto. Luego, con la ayuda de una pinza fina extraer el tejido epidérmico del envés de la hoja de una zona próxima a las nervaduras e inmediatamente colocarlo suavemente sobre la lámina (Fig.13).

Se tomaron hojas colectadas de los diferentes materiales silvestres traídos del campo (Huehuetenango) las hojas fueron colocados en una placa petri con papel toalla humedecidas con agua. En las siguientes figuras se observa las diferencias en la forma de las hojas de los materiales, fueron en su totalidad 11 muestras.

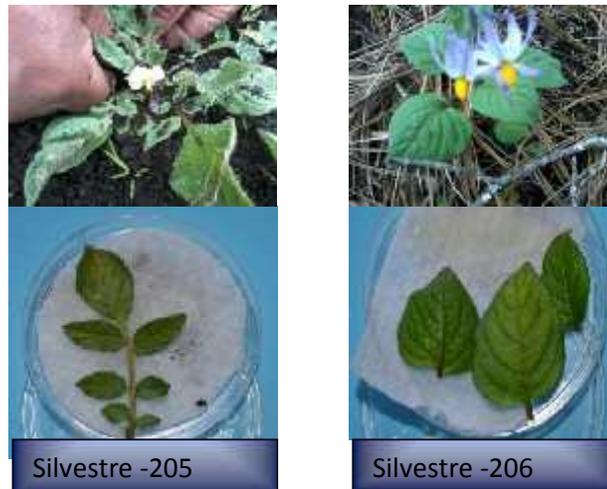


Figura 13: muestras de materiales silvestres de papa para análisis de cloroplastos.
Fuente: Laboratorio Biología molecular ICTA-CIALO 2,014.

3. Observación

Examinar bajo microscopio óptico a un aumento de objetivo de 100, 200 o 400. El conteo de cloroplastos se realiza en una de las dos células guarda de los estomas, en 10 estomas diferentes (Fig. 14). El número promedio de cloroplastos nos da una indicación del nivel de ploidía (cuadro 12).

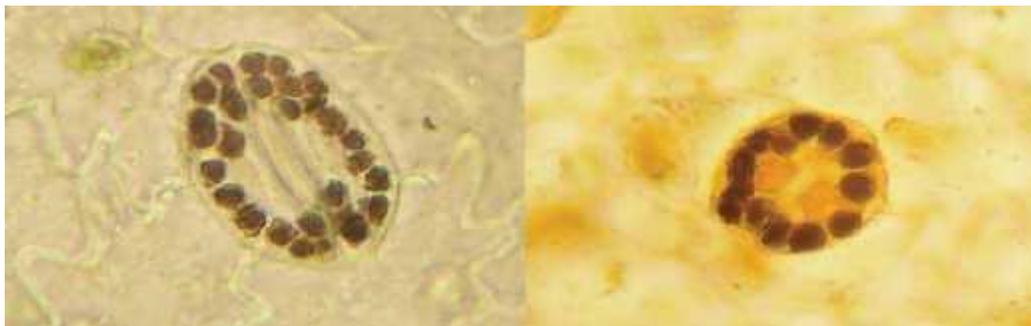


Figura 14: observación de cloroplastos de materiales silvestres de papa (*Solanum tuberosum L.*)
Fuente: ICTA-CIALO 2014.

Mezcla de Reactivos para tinción de Cloroplastos.

Se mezclaron los siguientes reactivos y se guardó en un frasco oscuro a temperatura ambiente.

Cuadro 12: preparación de reactivo para tinción de cloroplasto.

Reactivo	Nombre	Cantidad
KI	Yoduro de potasio	1 gramo
I	Yodo	1 gramo
Alcohol	Etílico 70 %	100ml
Acido	Propionico	20ml

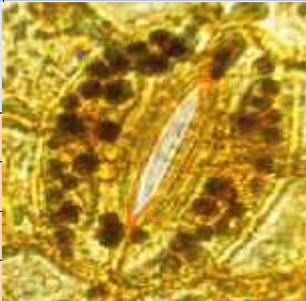
Fuente: laboratorio de Biología molecular ICTA-CIALO 2014.



Figura 15: aplicación de reactivo en montajes de materiales silvestres
ICTA-CIALO 2014.

Resultado de análisis de conteo de cloroplastos en células guarda (guardianas) de estomas.

Cuadro 13: resultado de conteo de cloroplastos

Promedio del No de cloroplastos célula guarda	No de por	ploidía según análisis de cloroplastos.	
7-8		2x = Diploide	
9-11		3x = Triploide	
12-14		4x = Tetraploide	
15-16		5x = Pentaploide	

Cuadro 14: escala para determinar la ploidía de un genotipo

MUESTRA	NUMERO DE CLOROPLASTO PROMEDIO	PL
Silvestre - 202	5-6	D
Silvestre - 203	7-8	D
Silvestre - 204	5-6	D



Fuente: laboratorio de Biología molecular ICTA-CIALO

Cuadro 15: lista de nivel de ploidía de los diferentes materiales silvestres provenientes de Huehuetenango 2014.

Muestra	Número de cloroplasto promedio	Ploidía
Silvestre - 202	5-6	Diploide
Silvestre - 203	10-11	Triploide
Silvestre - 204	5-6	Diploide
Silvestre - 205	7-8	Diploide
Silvestre -206	5-6	Diploide
Silvestre - 207	10-11	Triploide
Silvestre - 208	5-6	Diploide
Silvestre - 209	4-7	Diploide
Silvestre -209a	7-8	Diploide

Fuente: laboratorio de Biología molecular ICTA-CIALO 2,014

X. Conclusiones

- 10.1 En la Meseta de los Cuchumatanes del departamento de Huehuetenango se encontraron 4 parientes silvestres de papa (*Solanum tuberosum* L.) pertenecientes a las especies: *Solanum clarum* Correll, *Solanum demissum* Lindl., *Solanum agrimoniifolium* Rydb Dunal y *Jaltomata confinis* de la familia Solanáceae.
- 10.2 Altitudinalmente las especies de papa silvestre fueron encontradas en un rango de 3,100 a 3,451 m.s.n.m, en lugares boscosos y a orilla de papa cultivada.
- 10.3 Los lugares donde se encontraron parientes silvestres de la papa (*S. tuberosum* L.) son aldeas Tunimá, Huitón Grande y Arenales del municipio de Chiantla, Chemal I de Todos Santos Cuchumatán, Caserío Los Cifuentes aldea Clinovillo Aguacatán y Captzin II de San Juan Ixcoy.
- 10.4 La caracterización morfológica in situ de parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum* L.), formó dos grupos en el análisis de conglomerados, estando reflejada la variabilidad en trece características, siendo las más sobresalientes: altura de planta, color del tallo, forma de las alas del tallo, forma de la corola, color predominante de la flor, madurez, forma del tubérculo; aceptándose la hipótesis alternativa.
- 10.5 El material *Solanum clarum* Correll procedente de cantón Capcincito de la aldea Tunimá del municipio de Chiantla, se caracterizó por presentar un hábito erecto y por consiguiente la mayor altura de planta (25 cms.), registrando al igual que *Solanum demissum* Lindl. una madurez precoz (90 a 119 días), colores de la pulpa del tubérculo blanca y amarillo claro respectivamente.

10.6 El análisis de componentes principales formó dos núcleos y un gran grupo, estableciéndose que el componente principal uno ejerció mayor efecto sobre la variabilidad morfológica en los 4 parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum L.*), reflejados en 11 muestras, con un 63.98 % de la variación. A su vez, el segundo componente principal reportó un 13.60 % de la variación, aglutinando un total de diez características.

XI. Recomendaciones

- 11.1 Realizar evaluaciones de campo con los parientes silvestres de la papa que reportaron cualidades sobresalientes en sus características morfológicas, específicamente los materiales *Solanum clarum* Correll, *Solanum demissum* Lindl.; ya que reportaron madurez precoz, color de pulpa del tubérculo blanca y amarilla respectivamente.
- 11.2 Para la toma de muestras con fines de herborización es importante no hacerlo en días lluviosos ya que si las muestras están muy húmedas se manchan, generan hongos y en consecuencia se pudren.
- 11.3 Para identificar taxonómicamente parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum* L.), basarse en la Flora de Guatemala con la finalidad de tener datos confiables.
- 11.4 Es preciso continuar con la búsqueda y caracterización de otros materiales silvestres de papa (*Solanum tuberosum* L.), que se cree que existen en la Meseta de los Cuchumatanes, porque son importantes fuentes de germoplasma que a futuro pueden emplearse en el mejoramiento genético.
- 11.5 Realizar estudios de resistencia y/o cambios de los parientes silvestres de papa (*Solanum tuberosum* L.), a las enfermedades y plagas que afectan el cultivo en la Meseta de los Cuchumatanes.
- 11.6 Realizar análisis de cromosomas a las especies identificadas, con el fin de tener un mayor conocimiento de las mismas y así poderlas utilizar en futuros programas de mejoramiento genético.
- 11.7 Establecer jardines clónales con los parientes silvestres de la papa (*Solanum tuberosum* L.) caracterizados en la Meseta de Los Cuchumatanes, mediante programas de PPS, EPS cursos de cultivos, extensión agrícola, fitomejoramiento, seminario entre otros, a través de las carreras de Ingeniería Agronómica, Forestal y Licenciatura en Zootecnia del CUNOROC, con la finalidad de conservar este valioso germoplasma.

XII. Bibliografía

- 12.1 Azurdía, C. 2004. Priorización de la diversidad biológica de Guatemala en riesgo potencial por la introducción y manipulación de organismos vivos y modificados. Documento técnico 14 CONAP. Guatemala. p. 57-62.
- 12.2 Ezeta, FN. sf. La competitividad en el cultivo de papa en Latinoamérica y el Caribe: implicaciones y retos inmediatos. Lima, Perú, Centro Internacional de la papa CIP. 8 p.
- 12.3 Huamán, Z. 1986. Botánica sistemática y morfología de la papa. 2 ed. Rev. Lima, Centro Internacional de la Papa. Boletín de información técnica p. 6-22.
- 12.4 Huamán, Z.; Williams, JT.; Salhuana W.; Vincent, L. 1977. Descriptors for Cultivated potato and for the maintenance and distribution of germoplasm collections (en línea). Rome, IT. Consultado el 8 de octubre 2014. Disponible en <http://www.ipgri.cgiar.org/publications/pdf/381.pdf>.
- 12.5 ICTA (Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola, GT). 1990. Almacenamiento de papa para semilla. Guatemala. Boletín técnico. p. 26-27.
- 12.6 Morales, J. 1995. Diccionario de plantas útiles de Guatemala. Guatemala. Sn. 86 p.



- 12.7 Monteros, C.; Piedra, A.; Yumisaca, F.; Reinoso, R. 2010. Catálogo etnobotánico, morfológico agronómico y calidad. (en línea). 41-57 p. Perú, edit. publicación Miscelanea, CIP innovaciones y tecnologías de papa nativa. Consultado el 20 de marzo. 2015. Disponible en www.nitropdf.com
- 12.8 Pérez, G. 2015. Toma de muestras para análisis de cloroplastos. (correo electrónico). Guatemala. s.n s.p
- 12.9 Palacios, A. 2014. Identificación y caracterización de bio-indicadores e Indicadores ambientales como conocimientos ancestrales Utilizando para la toma de decisiones en la producción agropecuaria en Climentoto, Aguacatan, Huehuetenango. TIG Ing. Agr. Guatemala, USAC, CUNOROC. p. 6-24.
- 12.10 Standley, P.; Steyermark, J. 1958. Flor of Guatemala; families included in part I. Chicago, Fieldiana botany. Volumen 24 parte X.
- 12.11 Sica, A. 2011. Caracterización morfológica y molecular de treinta y seis cultivares de papa en dos localidades de la sierra de los Cuchumatanes. Climentoro, Aguacatan, Huehuetenango. TIG Ing. Agr. Guatemala, USAC, CUNOROC. p. 9-26.
- 12.12 The plants list, USA. 2015, A working list of all plant species. (en línea). Estados Unidos, USA. 3 p. Consultado el 8 de enero. 2015. Disponible en www.theplantslist.org



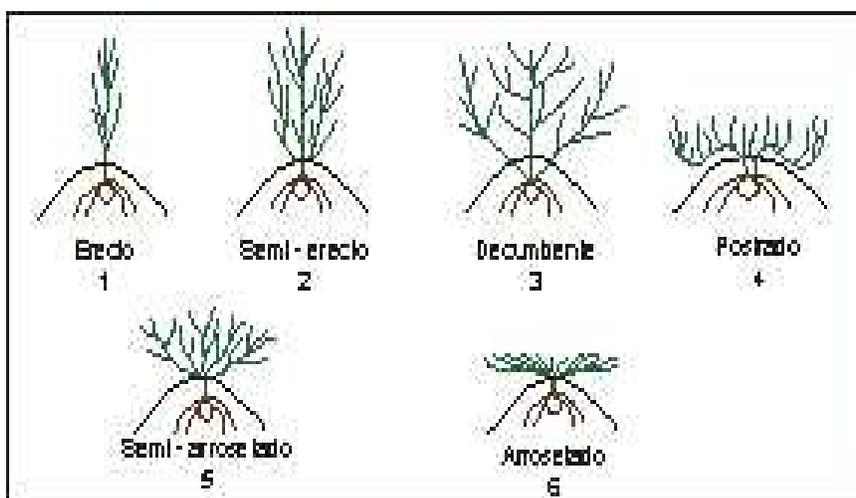
XIII. Anexos

13.1. Anexo 1: descriptor de papa silvestre desarrollado por René Gómez Zarate, M. Sc del CIP Perú.

Floración: cuando las entradas de papa (y/o cultivares nativos) se encuentran en plena floración, es decir cuando alcanzaron más del 75% de floración. Bajo condiciones de Huancayo-Perú, esto ocurre aproximadamente en la mayoría de entradas a los 100 días desde la siembra, sin embargo, si la floración aparece antes, especialmente en plantas precoces, entonces habrá que evaluarlas anteladamente.

a. Hábito de crecimiento de la planta (figura 16)

- 1 Erecto
- 2 Semi-erecto
- 3 Decumbente
- 4 Postrado
- 5 Semi-arrosetado
- 6 Arrosetado



b. Esquemas de las partes de las hojas compuestas de las plantas de papa y grado de disección

a TIPO DE DISECCIÓN	b NÚMERO DE FOLIOLOS LATERALES	c NÚMERO INTER HOJUELAS ENTRE FOLIOLOS LATERALES	d NÚMERO INTER HOJUELAS SOBRE PECIOLULOS
1 Entera	0 Ausente	0 Ausente	0 Ausente
2 Lobulada	1 par	1 par	1 par
3 Disectada	2 pares	2 pares	2 pares
	3 pares	3 pares	3 pares
	4 pares	4 ó más pares	4 ó más pares
	5 pares		
	6 pares		
	7 ó más pares		

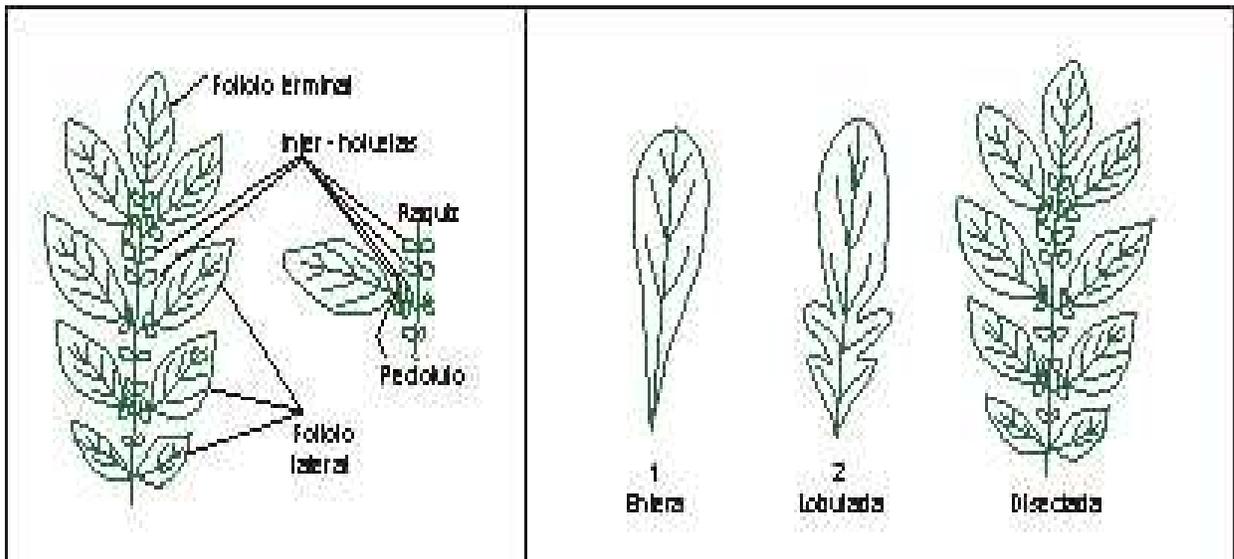


Figura 17: características de la hoja.

c. Color del tallo

- | | | |
|----------------------------------|---|-------------------|
| 1 Verde | } | Domina verde |
| 2 Verde con pocas manchas | | |
| 3 Verde con muchas manchas | | |
| 4 Pigmentado con abundante verde | } | Domina pigmentado |
| 5 Pigmentado con poco verde | | |
| 6 Rojizo | | |
| 7 Morado | | |



Figura 18: variación gradual de la pigmentación en el tallo de la papa

d. Forma de las alas-tallo

- 0 Ausente
- 1 Recto
- 2 Ondulado



Figura 19: esquema de las formas de las alas del tallo de la papa

e. Grado de floración

- | | | |
|----------------------|---|-----------|
| 0 Sin botones | } | Ausencia |
| 1 Aborto de botones | | |
| 3 Floración escasa | } | Presencia |
| 5 Floración moderada | | |
| 7 Floración profusa | | |

f. Forma de la corola.

- 1 Estrellada
- 3 Semi-estrellada
- 5 Pentagonal
- 7 Rotada
- 9 Muy rotada

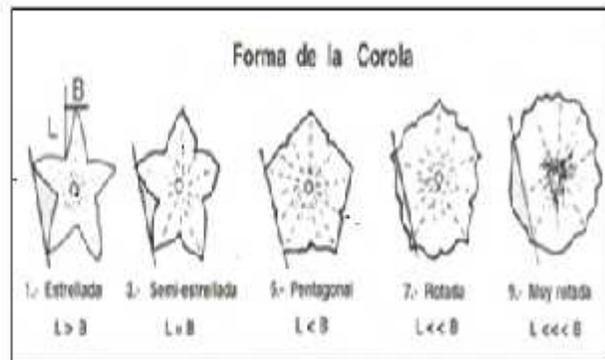


Figura 20: forma de la corola

g. Color de la flor (abcd)

Tipos de colores en la flor

a COLOR PREDOMINANTE (Fig. 6)	b INTENSIDAD DE COLOR PREDOMINANTE (Fig. 6)	c COLOR SECUNDARIO	d DISTRIBUCIÓN DEL COLOR SECUNDARIO (Fig. 7)
1 Blanco	1 Pálido	0 Ausente	0 Ausente
2 Rojo - rosado	2 Intermedio	1 Blanco	1 Acumen (blanco) - haz
3 Rojo - morado	3 Intenso / Oscuro	2 Rojo - rosado	2 Acumen (blanco) - envés
4 Celeste		3 Rojo - morado	3 Acumen (blanco) - ambos
5 Azul - morado		4 Celeste	4 En estrella
6 Lila		5 Azul - morado	5 Bandas en el haz
7 Morado		6 Lila	6 Bandas en el envés
8 Violeta		7 Morado	7 Bandas en ambas caras
		8 Violeta	8 Manchas salpicadas
			9 Pocas manchas o puntos



Tabla 7: colores de las flores de papa.

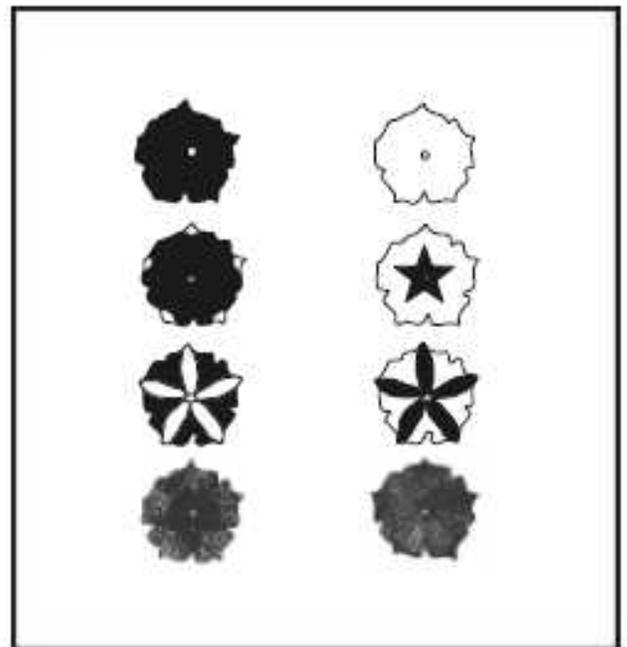


Figura 21: esquema de la distribución del color secundario de las flores.

- 0 Sin antocianinas } Ausencia
- 1 Bandas laterales pigmentadas (PAS) } Presencia
- 2 Mancha pigmentada en el ápice (PAT) } Presencia
- 3 Bandas y ápice pigmentadas PAS+PAT } Presencia
- 4 Anteras rojo-marrón

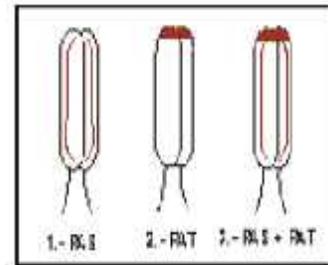


Figura 22: pigmentación en anteras de las flores de papa.

i. pigmentación en el pistilo

- 0 Sin antocianinas } Ausencia
- 1 Estigma pigmentado (PS) } Presencia
- 2 Ovario pigmentado (PO) } Presencia
- 3 Pigm. en pared interna del ovario (POW) } Presencia
- 4 Pigmentado PS+PO
- 5 Pigmentado PS+POW
- 6 Pigmentado PO+POW
- 7 Pigmentado PS+PO+POW
- 8 Otro (Estilo pigmentado)

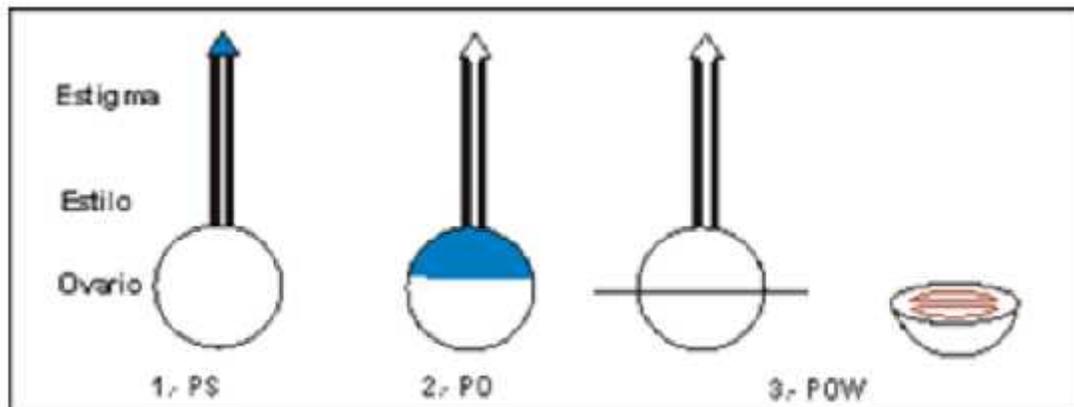


Figura 23: esquema de la pigmentación en el pistilo.

j. Color del cáliz

- | | | |
|----------------------------------|---|-------------------|
| 1 Verde | } | Domina verde |
| 2 Verde con pocas manchas | | |
| 3 Verde con abundantes manchas | | |
| 4 Pigmentado con abundante verde | } | Domina pigmentado |
| 5 Pigmentado con poco verde | | |
| 6 Rojizo | | |
| 7 Morado | | |

k. Color del pedicelo

- | | | |
|--|---|---------------------|
| 1 Verde | } | Bastante verde |
| 2 Sólo articulación pigmentada | | |
| 3 Ligeramente pigmentado a lo largo s/artic | | |
| 4 Lig pigm. a lo largo y en articulación | } | Bastante pigmentado |
| 5 Pigmentado sobre la articulación | | |
| 6 Pigmentado debajo de la articulación | | |
| 7 Mayormente pigmentado y articulación verde | | |
| 8 Completamente pigmentado | | |

l. Color de la baya

- 1 Verde
- 2 Verde con pocos puntos blancos
- 3 Verde con bandas blancas
- 4 Verde con abundantes puntos blancos
- 5 Verde con áreas pigmentadas
- 6 Verde con bandas pigmentadas

- 1 Globosa
- 2 Globosa con mucrón terminal
- 3 Ovoide
- 4 Ovoide con mucrón terminal
- 5 Cónica
- 6 Cónica alargada
- 7 Periforme

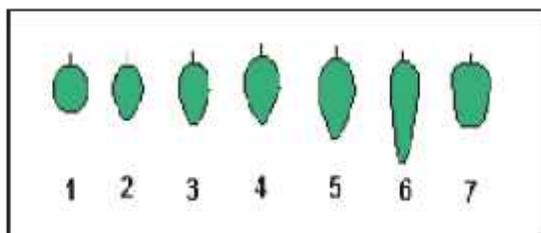


Figura 24: forma de la baya.

Procedimiento: determinar la forma o silueta de la baya, prestando atención a la presencia o ausencia del mucrón terminal.

m. Madurez

- 1 Muy precoz (menor a 90 días)
- 3 Precoz (90 a 119 días)
- 5 Medio (120 a 149 días)
- 7 Tardío (150 a 179 días)
- 9 Muy tardío (más de 180 días)

n. Colores de la piel del tubérculo

COLOR PREDOMINANTE (Fig. 11)	INTENSIDAD DEL COLOR PREDOMINANTE (Fig. 11)	COLOR SECUNDARIO	DISTRIBUCIÓN DEL COLOR SECUNDARIO (Fig. 12)
1 Blanco – crema	1 Pálido / Claro	0 Ausente	0 Ausente
2 Amarillo	2 Intermedio	1 Blanco – crema	1 En los ojos
3 Anaranjado	3 Intenso / Oscuro	2 Amarillo	2 En las cejas
4 Marrón		3 Anaranjado	3 Alrededor de los ojos
5 Rosado		4 Marrón	4 Manchas dispersas
6 Rojo		5 Rosado	5 Como anteojos
7 Rojo – morado		6 Rojo	6 Manchas salpicadas
8 Morado		7 Rojo – morado	7 Pocas Manchas
9 Negruzco		8 Morado	
		9 Negruzco	

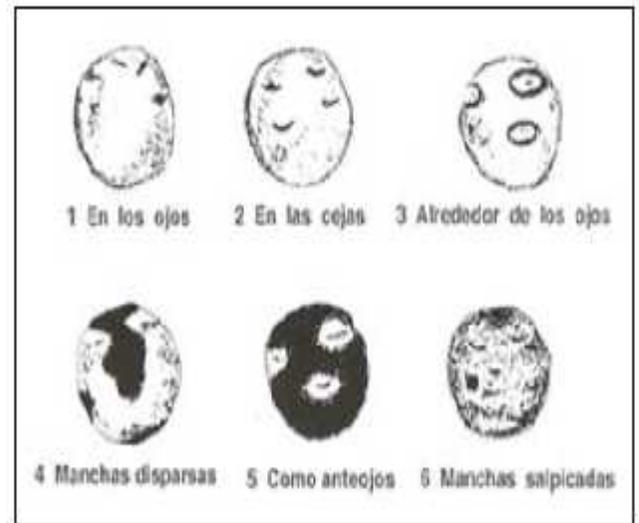
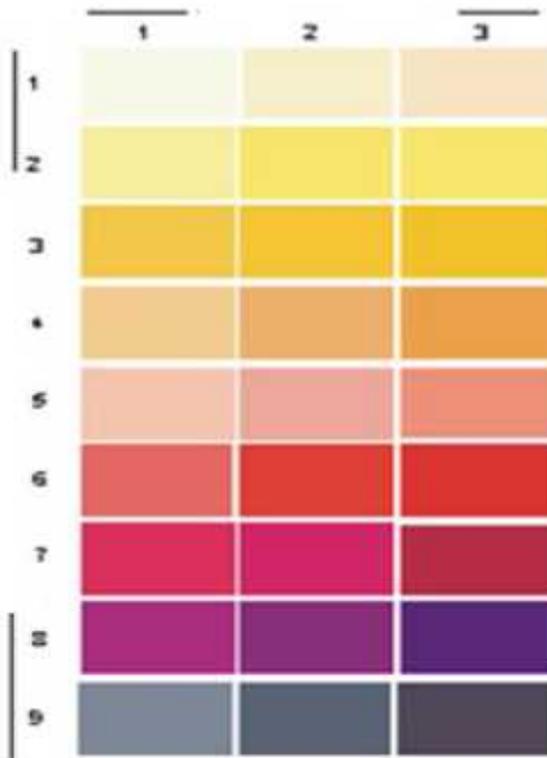


Figura 25: distribución del color secundario de la piel del tubérculo.

Tabla 8: colores de la piel del tubérculo de la papa

o. Forma del tubérculo

Forma general y variantes

FORMA GENERAL	VARIANTE DE FORMA	PROFUNDIDAD DE OJOS
1 Comprimido	0 Ausente	1 Sobresaliente
2 Redondo	1 Aplanado	3 Superficial
3 Ovalado	2 Clavado	5 Medio
4 Obovado	3 Reniforme	7 Profundo
5 Elíptico	4 Fusiforme	9 Muy profundo
6 Oblongo	5 Falcado	
7 Oblongo – alargado	6 Enroscado	
8 Alargado	7 Digitado	
	8 Concertinado	
	9 Tuberosado	

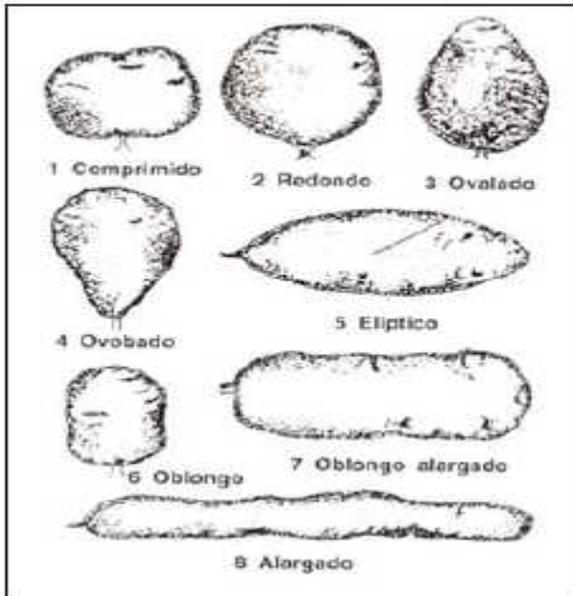


Figura 26: forma general del tubérculo.

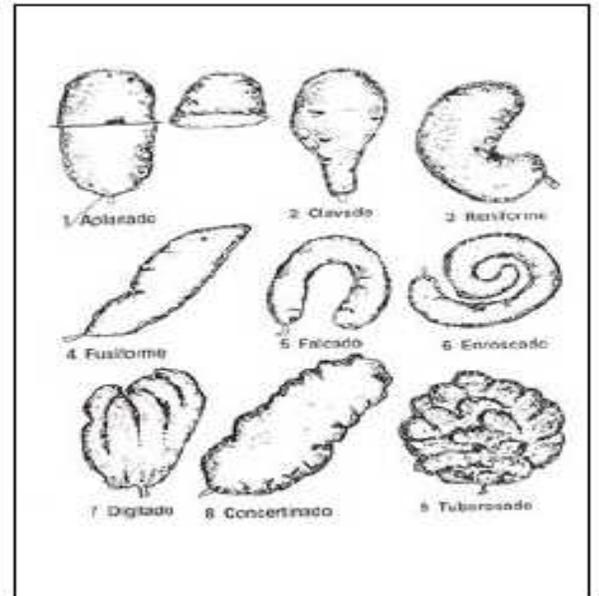


Figura 27: formas secundarias o inusuales en tubérculos.

p. Color de la pulpa del tubérculo

COLOR PREDOMINANTE

- 1 Blanco
- 2 Crema
- 3 Amarillo claro
- 4 Amarillo
- 5 Amarillo intenso
- 6 Rojo
- 7 Morado
- 8 Violeta

COLOR SECUNDARIO

- 0 Ausente
- 1 Blanco
- 2 Crema
- 3 Amarillo claro
- 4 Amarillo
- 5 Amarillo intenso
- 6 Rojo
- 7 Morado
- 8 Violeta

DISTRIBUCIÓN DEL COLOR SECUNDARIO

- 0 Ausente
- 1 Pocas manchas
- 2 Áreas
- 3 Anillo vascular angosto
- 4 Anillo vascular ancho
- 5 Anillo vascular y médula
- 6 Todo menos médula
- 7 Otro (salpicado)

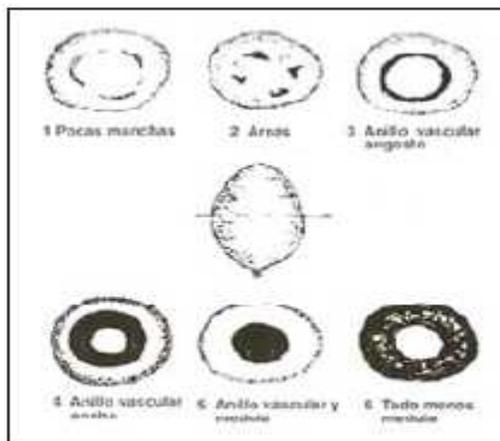


Figura 28: distribución del color secundario de los tubérculos.

q. Color de la pulpa del tubérculo

COLOR PREDOMINANTE	COLOR SECUNDARIO	DISTRIBUCIÓN DEL COLOR SECUNDARIO
1 Blanco	0 Ausente	0 Ausente
2 Crema	1 Blanco	1 Pocas manchas
3 Amarillo claro	2 Crema	2 Áreas
4 Amarillo	3 Amarillo claro	3 Anillo vascular angosto
5 Amarillo intenso	4 Amarillo	4 Anillo vascular ancho
6 Rojo	5 Amarillo intenso	5 Anillo vascular y médula
7 Morado	6 Rojo	6 Todo menos médula
8 Violeta	7 Morado	7 Otro (salpicado)
	8 Violeta	

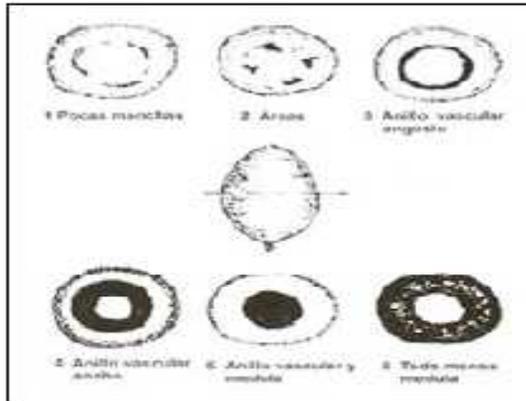


Figura 29: distribución del color secundario de la pulpa de los tubérculos .

r. Color del brote del tubérculo

COLOR PREDOMINANTE	COLOR SECUNDARIO	DISTRIBUCIÓN DEL COLOR SECUNDARIO (Fig 16)
1 Blanco – verdoso	0 Ausente	0 Ausente
2 Rosado	1 Blanco – verdoso	1 En la base
3 Rojo	2 Rosado	2 En el ápice
4 Morado	3 Rojo	3 Pocas manchas a lo largo
5 Violeta)	4 Morado	4 Muchas manchas a lo largo
	5 Violeta	5 En las yemas

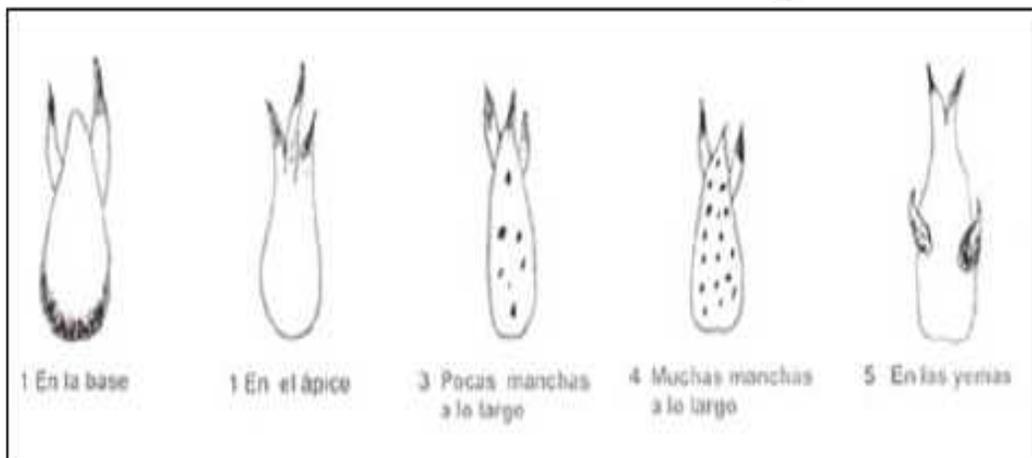


Figura 30: esquema de distribución del color secundario del brote.

13.2. Anexo 2: dictamen taxonómico.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
COORDINACIÓN AREA CIENCIAS



Guatemala 8 de abril de 2015.

Leticia Davila Velásquez
Carrera de Ingeniería en Agronomía
Centro Universitario de Nor Occidente - CUNCROC -

Dr. Davila:

Se hace constar que los especímenes tenidos a la vista corresponden a las especies siguientes:

1. *Solanum elaeagnifolium* Correll (Solanaceae)
2. *Solanum demissum* Lindl. (Solanaceae)
3. *Solanum agrimonifolium* Rydb. (Solanaceae)
4. *Solanum confinis* (C. V. Morton) J.L. Gentry (Solanaceae)

Los especímenes fueron colectados en la parte alta del departamento de Huehuetenango, en los municipios de Chiantla, Todos Santos, Aguacatán y San Juan Ixcay, en junio y julio y en septiembre y octubre de 2014.

Ing. Agr. Juan José Caxi, MSc.
Curador del Herbario
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

13.3. Anexo 3: tabla de toma de datos de campo.

Tabla 9: toma de datos de caracterización morfológica en base a descriptor.

FECHA	Comunidad	GENOTIPOS No.	habito de crecimiento	altura de planta, cms.	forma de la hoja (tipo de disección a)	No. Pares foliolos laterales (b)	No. De inter hojuelas entre foliolos laterales ©	No. De inter hojuelas sobre peciolulos (d)	Color del tallo
27-jun	Cantón Capcincito aldea Tunimá	201	1	25	1	0	0	0	7
27-jun	Cantón Capcincito aldea Tunimá	202	4	19	3	2	0	0	1
20-jul	Chemal I	203	5	6	3	2	1	0	7
23-jul	Chemal I	204	4	12	3	3	1	0	5
03-ago	Chemal I	205	5	3	3	0	0	0	6
07-ago	Huitón Grande	206	2	25	3	1	0	0	7
07-ago	Huitón Grande	207	3	18	3	1	1	0	5
12-ago	Arenales	208	1	52	3	1	0	0	5
14-ago	caserío los Cifuentes aldea Clinovillo	209	5	59	3	7	4	2	5
21-ago	Huitón Grande	210	6	5	1	0	0	0	2
20-sep	Captzin II San Juan Ixcoy	211		23	3	7	4	0	2

Forma de las alas del tallo	Grado de floración	Forma de la corola	Color predominante de la flor	Intensidad del color predominante (b)	Color secundario ©	Distribución del color (d)	pigmentación de anteras	pigmentación en el pistilo	Color del cáliz	Color del pedicelo	Color de la baya	Forma de la baya
1	3	1	1	3	0	0	0	0	2	1	2	0
1	3	1	7	3	1	3	1	1	2	1	2	2
1	3	9	6	2	7	6	1	2	1	3	1	3
1	3	1	1	3	0	0	1	3	1	1	7	1
1	3	1	6	1	7	6	0	0	7	1	1	3
2	5	1	6	1	1	2	1	0	7	8	5	2
2	3	9	7	2	0	0	1	1	1	3	1	2
0	3	1	6	1	7	7	1	1	7	8	5	2
2	5	1	6	2	1	6	0	0	7	8	1	4
2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	3	1	6	2	1	6	1	0	7	8	1	4

Madurez	Forma del tubérculo, forma general	Color piel de tubérculo	variante de forma	profundidad de ojos	Color de la pulpa del tubérculo, color predominante	Color secundario	Distribución del color secundario	Color del brote, color predominante	color secundario	Distribución del color secundario
1	2	2	0	1	1	0	0	1	0	0
3	7	8	3	5	1	0	0	1	4	1
5	3	1	0	5	3	0	0	1	0	0
7	8	2	0	3	3	1	3	1	1	2
3	3	3		5	3	0	0	1	0	0
5	7	8	3	1	2	1	6	1	4	1
3	3	1	0	5	3	0	0	1	0	0
5	7	8	3	1	1	0	0	1	4	1
5	7	3	3	5	2	0	0	1	2	2
1	6	9	5	1	3	2	2	0	0	0
7	2	3	3	5	2	0	0	1	2	2

13.4. Anexo 4: figuras



Figura 31: búsqueda de parientes silvestres de papa (*Solanum tuberosum* L.) e identificación.

Lugar parte alta del municipio de Todos Santos Cuchumatán.

Por: Davila L.



Figura 32: búsqueda de parientes silvestres de papa (*Solanum tuberosum* L.) e identificación.

Lugar parte alta del municipio de Chiantla.

Por: Davila L.



Figura 33: toma de muestras para herborización.
Lugar: Huitón Grande Chiantla.
Octubre de 2014.
Por: Davila L.



Figura 34: Ingeniera Glenda Pérez de CIALO- ICTA, tomando muestra para análisis de cloroplastos.
Agosto de 2014.
Por: Davila L.

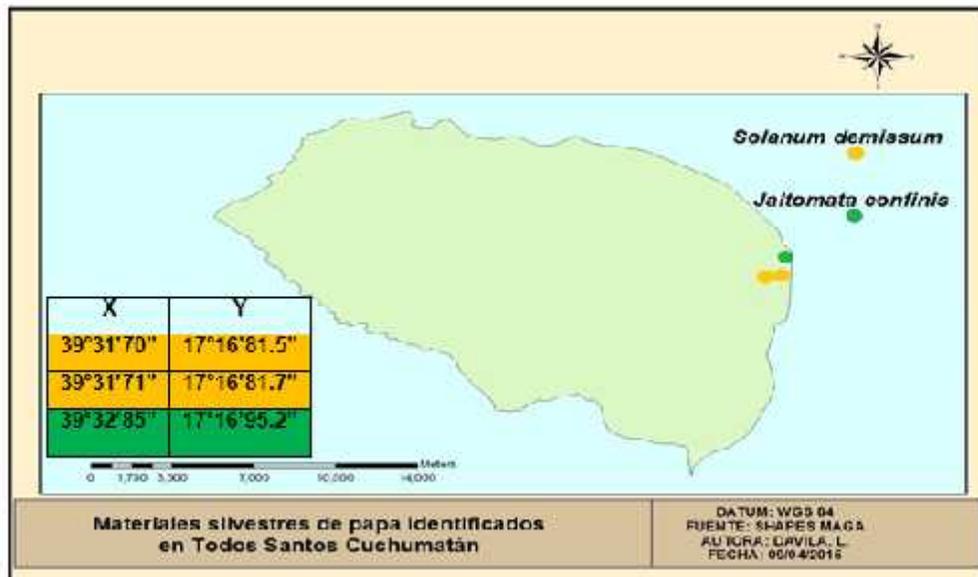


Figura 35: mapa de ubicación de materiales silvestres de la papa identificados en Todos Santos Cuchumatán.

Fuente: elaborada por el autor, 2015.

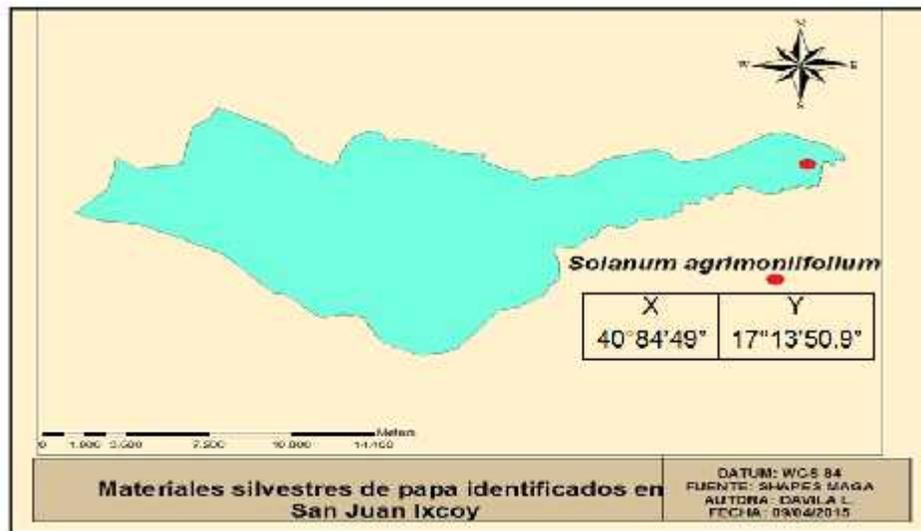


Figura 36: mapa de ubicación de materiales silvestres de la papa identificados en San Juan Ixcay.

Fuente: elaborada por el autor, 2015.

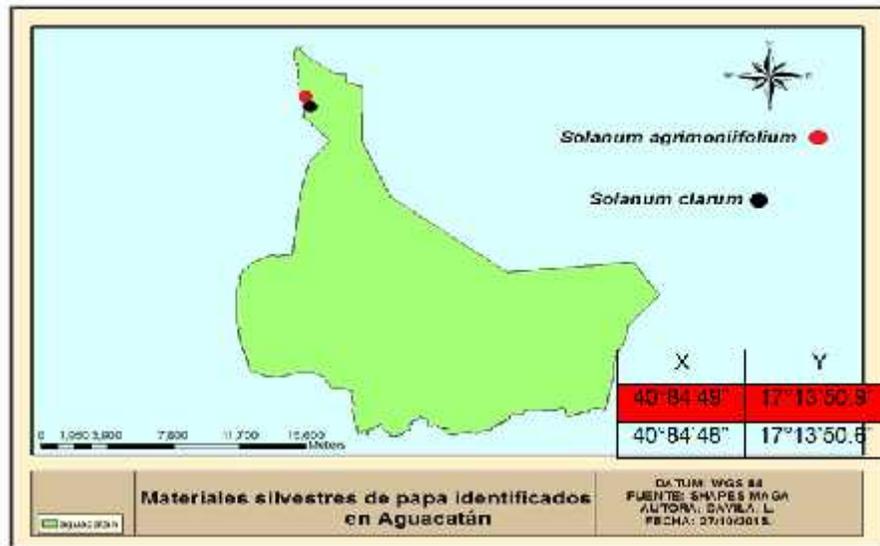


Figura 37: mapa de ubicación de materiales silvestres de papa identificados en Agucatán

Fuente: elaborado por el autor, 2015.

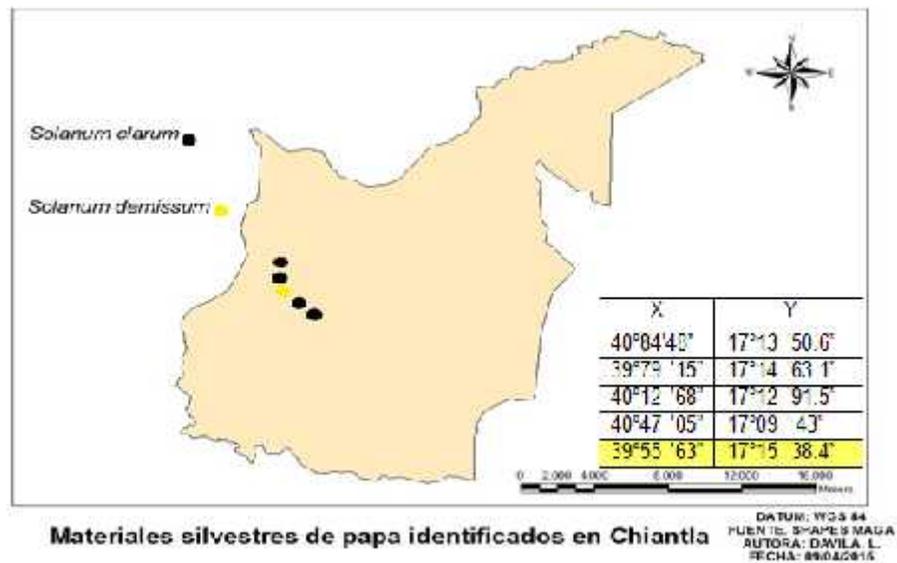


Figura 38: mapa de ubicación de materiales silvestres de papa identificados en Chiantla

Fuente: elaborado por el autor, 2015.

Esta investigación se realizó en la fase de campo y laboratorio por medio del financiamiento del programa colaborativo de fitomejoramiento participativo en Mesoamérica –FPMA-, en consorcio; asociación de organizaciones de los Cuchumatanes ASOCUCH, y ejecutado por la cooperativa Joya Hermosa.