

I. Introducción

En Guatemala el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*), ha adquirido mucha importancia en los últimos años. Se produce principalmente en las regiones de los altiplanos del país, como Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Sololá, Guatemala y Jalapa. Se siembran aproximadamente 10,000 ha al año y se estima que el número de productores que se dedican a este cultivo es alrededor de 1000,000. Los promedios de producción son de 10 toneladas métricas por hectárea en las zonas donde usan poco tecnología y de 20 en las que utilizan tecnología moderna.

La papa (*S. tuberosum*), según Engel F, 1970, era conocida en América hace 10,500 años. Su domesticación surgió en fecha posterior en los Altiplanos de Bolivia y Chile, junto al Lago Titicaca por los Colla (Aymara); así mismo la domesticaron los Araucanos (vivían al Sur del Río Bio Bío, Chile). La papa, entonces, es originaria del Altiplano de América del Sur, donde se consume desde hace más de 8,000 años. Guatemala, es considerado como centro secundario de origen. Los exploradores españoles llevaron la planta a Europa a fines del siglo XVI como una curiosidad botánica. Para el siglo XIX se había extendido por todo el continente, proporcionando alimentación abundante y de bajo costo a los trabajadores de la revolución industrial.

Según la FAO, en Guatemala el consumo de papa 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, debido a que son variedades adaptadas al área, son nutritivas y porque forman parte de la cultura alimenticia de miles de familias de las comunidades rurales que dependen casi exclusivamente de este cultivo para la seguridad alimentaria, y porque poseen mejor sabor, son tolerables a plagas y enfermedades y tienen más vida de anaquel que permite mantener más tiempo almacenadas. La papa es uno de los cuatro cultivos alimenticios más importantes a nivel mundial, ocupando el cuarto lugar después de los cereales trigo, arroz y maíz.

La Sierra de los Cuchumatanes se encuentra ubicada al noreste de Guatemala con altitudes que van desde los 500 hasta los 3900 metros sobre el nivel del mar, abarcando nueve Municipios en el Departamento de Huehuetenango, clasificada en el nivel de pobreza y extrema pobreza predominando en los sistemas de producción el monocultivismo, bajos en niveles tecnológicos y rendimientos, y sus condiciones agroecológicas son muy variadas, permitiendo el cultivo de diferentes especies, entre ellos está la papa (*Solanum tuberosum*), produciendo en las tierras altas de la sierra de los Cuchumatanes.

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) puede ser una de las opciones para contribuir a contrarrestar la crisis alimentaria en nuestro país, especialmente por su potencial productivo, por su valor nutritivo carbohidratos y proteínas, por ser un producto agrícola sembrado por una gran cantidad de familias rurales. La caracterización morfológicas y molecular de cultivares de papa, es de gran utilidad para generar conocimientos sobre las variedades que tiene resistencia a plagas y enfermedades, y con un buen rendimiento. La caracterización se realizó en la Aldea Climentoro Aguacatán y Chemal I Todos Santos, Huehuetenango.

II. Planteamiento del problema

Definición del problema:

En la sierra de los Cuchumatanes, los agricultores se dedican a varios productos agrícolas, siendo el más importante el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*), el cual se ha venido cultivando más de cincuenta años, en ese lapso de tiempo ha ocurrido la introducción de una serie de cultivares, algunos de los cuales por los años de cultivo, los agricultores los llaman criollos y otros son llamados por su nombre original que son los de más reciente introducción.

Debido a esto, existen alrededor de treinta y seis cultivares que se utilizan en el área en mención, sin embargo, en la actualidad no existe información contundente sobre la biodiversidad que permita diferenciar o establecer similitudes entre esos cultivares por, lo tanto no se tiene certeza de la variabilidad o biodiversidad de la especie en el área de estudio.

Según lo anterior existe la inquietud de conocer sus características morfológicas y genética; por lo que surgió la necesidad de realizar este estudio, ya que se tiene conocimiento que en Huehuetenango, no se han realizado trabajos de caracterización morfológicas y molecular en el área de estudio, teniéndose un amplio desconocimiento sobre la biodiversidad con el propósito de contribuir y difundir la información de los materiales existentes en el área de estudio.

Delimitación espacial

El trabajo de investigación incluyó colecta de tubérculo, caracterización morfológica y molecular en dos sitios representativos en la meseta de los Cuchumatanes.

Delimitación temporal

La investigación tuvo un carácter longitudinal en el tiempo a lo largo de ocho meses, iniciándose con la preparación de los cultivares a sembrar en campo definitivo, en el mes de junio de 2010 y finalizando con el análisis de resultados de informe final en Diciembre de 2011.

Delimitación Teórica

Para poder realizar la presente investigación, fue necesario el uso de conocimientos de las ciencias: Social, Estadística, Agronómica y economía.

III. Justificación

La papa es un cultivo tradicional de gran importancia, ya que constituye una fuente nutritiva especial conteniendo altos valores carbohidratos, de proteínas y su consumo es bueno para la salud humana. Incorporándolo a la dieta alimentaria cotidiana, provee una respetable lista de nutrientes, como carbohidratos y proteínas, vitamina C, fósforo, niacina, tiamina, riboflavina, y minerales poco usuales.

Durante generaciones en la meseta de los Cuchumatanes (parte más alta de la sierra) sus pobladores se han dedicado a la producción de papa y ovejas; siendo la primera actividad uno de los principales medios de subsistencia bajo condiciones climáticas extremas (heladas, sequias, patrones de lluvia cambiantes, granizo, etc). Año con año se siembran más 700 ha de papa de diversas variedades con un rendimiento promedio ideales de 25 T/ha beneficiado más de 10,000 familias; sin embargo los rendimientos han ido disminuyendo lo que ha ocasionado serios problemas económicos en los pequeños productores del área.

La fluctuación y disminución en los rendimientos, obedecen a los cambios en los patrones climáticos (lluvias excesivas, sequias, heladas, granizos, etc), lo cual ocasiona pérdidas; para lo cual es importante contar con variedades resistentes a los cambios climáticos, así como plagas y enfermedades.

Por lo anteriormente expuesto, se considera justificable el haber realizado una caracterización morfológica y molecular de los cultivares más importantes de la Sierra de los Cuchumatanes; ya que con ello se pudo determinar y establecer algunas características importantes que pueden ser utilizados en programas para mejoramiento genético. Además contar con información de la biodiversidad de papa (*Solanum tuberosum*), existente en Guatemala.

IV. Marco teórico

4.1. Marco conceptual

4.1.1. Origen de la papa (*Solanum tuberosum L.*)

La papa (*Solanum tuberosum L.*) es nativa de las regiones Andinas de Sudamérica, aunque existen centros secundarios en algunas aéreas de Mesoamérica (México y Guatemala).

En la antigüedad se creía que este cultivo solo era fuente de carbohidratos, que en cierta forma se creó fama de ser un alimento para engordar. En la actualidad se ha demostrado que la papa es completa y que provee, además de carbohidratos, vitaminas, minerales y proteínas. (2)

En Guatemala este cultivo ha adquirido mucha importancia en los últimos años. Se produce principalmente en las regiones de los altiplanos del país, tales como Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Sololá, Guatemala y Jalapa. Se siembran aproximadamente 10,000 ha al año y se estima que el número de productores que se dedican a este cultivo es alrededor de 10,000. Los promedios de producción son de 10 toneladas métricas por ha en las zonas donde usan poca tecnología y de 20 en las que utilizan tecnología moderna.

La papa (*Solanum tuberosum*), según Engel F., 1970, era conocida en América hace 10,500 años. Su domesticación surgió en fecha posterior en los Altiplanos de Bolivia y Chile, junto al Lago Titicaca por los Colla (Aymara); así mismo la domesticaron los Araucanos (vivían al Sur del Río Bio Bío, Chile). En Perú, luego de cultivarla apareció la primera agroindustria americana en Perú: la elaboración de papa seca o Chuño para conservar el tubérculo.

La papa, entonces, es originaria del Altiplano de América del Sur, donde se consume desde hace más de 8,000 años. Guatemala, es considerado como centro secundario de origen. Los exploradores españoles llevaron la planta a Europa a fines del siglo XVI como una curiosidad botánica. Para el siglo XIX se había extendido por todo el continente, proporcionando alimentación abundante y de bajo costo a los trabajadores de la revolución industrial.

De acuerdo a la historia, las primeras referencias de su cultivo se citan en: Según Aguado (1946), el conquistador español Jiménez de Quesada conoció la papa en 1,537 en las afueras de la confederación Muisca, Colombia.

Valdivia (Gay, C., 1937), en carta dirigida al monarca Carlos V dice: “que los indios se alimentaban con papas que iban a recoger a las colinas”.

Francisco López Gamarra (1954), en el libro Historia General de las Indias dice: “los hombres viven en Collado (Cusco) cien años o más; no tienen maíz y comen cierta raíz similar a las trufas que llaman “papas” ”.

Cortéz y Larráz (1958), se refieren al cultivo de papas en Santa Catalina Sixa y en Santa María Uslatam, Quetzaltenango, Guatemala, hacia el año 1,771.

Para el caso de Guatemala, la papa es un cultivo propio de regiones frías o templadas a altitudes de 1,500 a 3,600 msnm. Las regiones productoras se establecen en los departamentos de Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, El Quiché, Chimaltenango, Guatemala, Jalapa, Alta y Baja Verapaz. El cultivo de la papa representa para una gran mayoría de agricultores parte de su dieta básica, especialmente en el altiplano occidental del país. En algunos casos se ha observado que la papa es la única fuente de alimentación y que una familia de seis miembros consume diariamente 6 kilogramos. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística (INE) de Guatemala indica que durante los años 1,988 y 1990 el suministro anual por persona según grupo de alimentos, los guatemaltecos consumieron 13.4 y 16.1 Kg/año de tubérculos, plátanos y bananos respectivamente. Dicho consumo representó el 3 y 4 % del total del alimento consumido en los años mencionados anteriormente. Se considera que el mayor porcentaje (más o menos 80 %) del consumo per cápita de este grupo de alimentos se refiere a la papa.

De acuerdo a la papa en cifras, editada por el ICTA en febrero del 2000, se establece que para 1998 en Guatemala, se plantaron aproximadamente 11,962 hectáreas, y se produjeron 296,418 toneladas métricas. Se estima que para ese año se produjo con un promedio de 24.78 t/ha. Promedio superior al estimado para Centroamérica y el Caribe, establecido por FAO para el año 2002 (22.7 t/ha de papa). Esta actividad generó 3,878,678 jornales. (1)

Se estima que durante el período de 1991 a 1998 se han exportado a Centroamérica especialmente (El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica) y en bajo porcentaje a Estados Unidos, 163,463 toneladas métricas (tm) con un valor en dólares americanos de 11,797,888. Así mismo, durante el período de 1993 a 1998 se han importado al país 1,189.80 toneladas métricas de papa fresca, con un valor de 1,122,727 dólares americanos. Por otro lado, la papa con valor agregado se ha importado en mayor cantidad que la papa fresca, debido a su utilización en repostería, comidas rápidas y otras industrias.

La papa tiene una gran capacidad de adaptación a sistemas agrícolas muy diversos. Debido a su breve ciclo vegetativo en 100 días produce abundantes cosechas, funciona bien en los sistemas de doble cultivo con el arroz, y en los cultivos intercalados con el maíz y la soya. Se pueden cultivar papas a alturas de 2000 hasta 4 300 metros, en una variedad de climas, desde las montañas desiertas de los Andes hasta las tierras bajas tropicales de África y Asia. (4)

4.1.2. Clasificación y descripción botánica

El conocimiento de la botánica sistemática y la morfología de la papa es importante para entender aspectos botánicos de la planta, que se relacionan con la investigación y la producción.

Botánica sistemática es la identificación organizada, la clasificación y la denominación de las plantas de acuerdo con un sistema de reglas. Todas las plantas incluidas en un grupo comparten un número de atributos (caracteres) similares, tales como forma y estructura.

Morfología es el estudio de la forma y estructura de las plantas. Basándonos en los caracteres florales, la papa ha sido clasificada de acuerdo al siguiente sistema según USDA PLANTS.

Reino:	Vegetal
Subreino:	Tracheobionta (plantas vasculares)
Superdivisión:	Spermatophyta (plantas con Semilla)
División	Magnoliophyta (plantas con flores)
Clase:	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
Sub-clase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Sub-orden:	Solaninae
Familia:	Solanaceae
Sub-familia:	Solanoideae
Tribu:	Solanae
Sub-tribu:	Solaninae
Género:	<i>Solanum</i>
Sub-genero:	Potatoe (Leptostemonum)
Especie:	<i>tuberosum</i> L
Sección:	Petota (Tuberosum)
Sub-sección:	Potatoe (Hyperbasarthrum)

Esta Sección se subdivide en series, especies, y subespecies. Todas las especies de papa, tanto cultivadas como silvestres pertenecen a la Sección Petota.

Hay cerca de 200 especies silvestres consideradas taxonómicamente distintas. Ellas van desde el nivel de las diploides ($2n = 2x = 24$ cromosomas) hasta el nivel de las exaploides ($2n = 6x = 72$). Todas estas especies existen solo en América: Crecen desde el sur de Estados Unidos, a través de México, América Central, los países andinos hasta el sur de Chile. Se encuentran desde el nivel del mar hasta más de 4,000 metros de altitud.

Aunque la mayoría de las especies silvestres son tuberíferas, algunas no forman tubérculos. Hay varios sistemas de clasificación de la papa, los cuales se basan principalmente en el número de series y especies reconocidas. Así, hay tres sistemas de clasificación de las variedades cultivadas de papa, los cuales reconocen 3, 8 ó 18 especies, según el grado de variación existente dentro de cada característica usada para distinguir una especie de la otra.

De ellos, el que reconoce 8 especies cultivadas es el más universalmente utilizado.

La papa puede ser clasificada en niveles de ploidia. Ploidia es el número de juegos (x) de cromosomas presentes en una célula vegetativa (somática). Las células vegetativas normalmente contienen como mínimo dos juegos de cromosomas. El juego de cromosomas de la papa consta de dos cromosomas, es decir, $x = 12$. Las células somáticas de las especies cultivadas de papa pueden variar entre el nivel diploide y pentaploide. La expresión $2n$ simboliza el total de juegos de cromosomas y, en consecuencia, el número total de cromosomas en las células vegetativas en cualquier nivel de ploidia. (4)

Las ocho especies cultivadas son:



a. *Solanum stenotomum* (STN)

Especie cultivada de gran antigüedad; originada inicialmente a partir de la selección constante de los productos de recombinación genética de un complejo de especies silvestres diploides, han desempeñado papel importante en el origen de todas las otras especies cultivadas.

b. *Solanum phureja* (PHU)

Especie diploide derivada de *Stenotomum*. Se caracteriza fundamentalmente por el carácter aperiódico (ausencia de reposo) de sus tubérculos. Se cultiva en los valles abrigados y en las vertientes orientales de los Andes y su ciclo vegetativo es corto por lo que localmente se le conoce con el nombre de "Chaucha".



En el Perú se tiene variaciones de phureja. Tipos redondos, largos, rojos o amarillos a los que siempre se les denomina como "Chaucha" o como en el caso de Puno (Ollachca, San Juan de ora, Sandia), se les conoce como "phureja" o "phureje".



c. *Solanum gonicalyx* (GON)

Derivada igualmente de *stenotomum*. Se caracteriza por el color amarillo intenso o particularmente "Yema de huevo" de la pulpa de sus tubérculos. El clon o variedad "Amarilla" es su representante por excelencia.

d. *Solanum x ajanhuiri*

Originada con carácter híbrido génico a partir de STN el cual se ha hibridado con la especie silvestre resistente a heladas *S. megistacrolobun*.



e. *Solanum x juzepzukii* (JUZ)

Triploide seleccionado de la hibridación de la especie tetraploide silvestre *S. acaule* con la cultivada stenotomun. Se cultiva en las partes altas de los Andes desde el centro del Perú hasta el nor-oeste argentino, sus tubérculos son amargos. Se le consume deshidratada en forma de "chuño" o "moraya".



f. *Solanum x chaucha*

Triploide híbrido de buena calidad culinaria; originado de la hibridación natural y selección de cruces entre la subespecies tetraploide andígena y el diploide STN. Probablemente algunos clones chaucha son alotriploides y autotriploides de clones STN.



g. *Solanum tuberosum*

Sub-especie *tuberosum* (TUB). Tetraploide originado por la selección de formas andinas de andígena y de las formas nativas que crecen en el Sur de Chile. Es la subespecie que se siembra en todo el mundo y especialmente en los países no tropicales. Adaptada a las condiciones de foto período largo.



Las variedades "Russet Burbank", Kathadin", Red Pontiac", "Bintje", King Edward" y otras son las más conocidas. Sub-especie andígena (ADO). Tetraploide andino, adaptado a foto periodo corto y originado de las hibridaciones, duplicación cromosómica y selección de especies diploides cultivadas (especialmente STN) y silvestres (especialmente *S. sparsipilun*) y otras.

h. *Solanum x curtilobum* (CUR)

Especie pentaploide de origen híbrido; sus tubérculos pertenecen al grupo de papas amargas y las plantas son de buena tolerancia a heladas. Se ha originado del cruce natural entre *S. x juzepzukii* que habría aportado gametos de $n = 3x = 36$ cromosomas con la sub-sp. andígena como progenitor polinizador que aportó $n = 2x = 24$ cromosomas. (4)



4.2. Morfología.

4.2.1. Habito de crecimiento

La papa es una planta herbacea. 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 arrochetado o semi arrochetado. Las especies *S. x juzepzukii*, *S. x curtilobum* y *S. Ajanhuiri*, que resisten a las heladas, se caracterizan por tener esos hábitos de crecimiento. 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. (4)

4.2.2. 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. En comparación con otros cultivos, la papa tiene sistema radicular débil. Por eso se necesita un suelo de muy buenas condiciones para el cultivo de la papa. El tipo de sistema radicular varía de delicado y superficial a fibroso y profundo.

Las hojas aisladas, tallos y otras partes de la planta pueden formar raíces, especialmente cuando han sido sometidas a tratamientos con hormonas. Esta habilidad de las diferentes partes de la planta de papa para formar raíces es aprovechada en las técnicas de multiplicación rápida.

4.2.3. 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.

Las yemas que se forman en el tallo a la altura de las axilas de las hojas pueden desarrollarse para llegar a formar tallos laterales, estolones, inflorescencias y, a veces tubérculos.

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 estolón no cubierto con suelo, puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal.

Morfológicamente descritos, los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa. 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". Según la variedad, las cejas pueden ser elevadas, superficiales o profundas. Cada ojo contiene varias yemas.

Los ojos del tubérculo de papa corresponden morfológicamente a los nudos de los tallos; las cejas representan las hojas y las yemas del ojo representan las yemas axilares. En la mayoría de las variedades comerciales, la forma del tubérculo varía entre redonda, ovalada y oblonga.

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.

4.2.4. 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.

4.2.5. 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.

4.2.6. Fruto, semilla

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.

El número de semillas por fruto llega a más de 200, según la fertilidad de cada cultivar. Las semillas son también conocidas como semilla verdadera o botánica, para distinguirlas de los tubérculos-semillas o sea tubérculos utilizados para producir cosechas de papa.

4.3. Composición química e importancia alimenticia

Una papa de tamaño mediano (aproximadamente 70 gramos) contiene alrededor de la mitad de los requerimientos diarios de vitamina C de una persona adulta. Otros cultivos de primera necesidad como el arroz o el trigo no poseen ninguno. La papa es muy baja en grasa, con sólo el 5 % del contenido de grasa del trigo y una cuarta parte de las calorías del pan. Sancochada, tiene más proteína que el maíz y casi el doble de calcio.

La papa es uno de los pocos alimentos capaces de nutrir a la creciente población mundial no solo como alimento sino como fuente de proteínas, vitaminas y minerales. En los países donde es utilizada como alimento básico, prácticamente no se conocen deficiencias nutricionales. En Europa cerca del 6% de la energía calórica, 5% de la proteína, 8% de hierro, 9% de riboflavina y 34% de ácido ascórbico son provenientes de la papa. En los Estados Unidos de Norte América, el consumo “per cápita” es superior al de los cereales, de las frutas y demás hortalizas, siendo inferior a penas al consumo de aves y huevos y contribuye con el 2 % de las necesidades proteínicas de la población.

La papa en Guatemala representa para una gran mayoría de agricultores parte de su dieta básica, especialmente en el altiplano occidental. En algunos casos se ha observado que la papa es la única fuente de alimentación y una familia de 6 miembros consume aproximadamente 6 kilogramos diariamente; por ello es necesario hacer mención de sus cualidades nutritivas. (4)

Cuadro 1. Promedio contenido de los principales constituyentes del tubérculo de la papa.

Constituyente	Peso % del total de tubérculo
Agua	80
Materia seca	20
Carbohidratos	16.9
Proteínas	2.00
Lípido	0.1
Ceniza	0.1

Jennifer A. Woolfe. 1,987. La Papa en la Dieta Humana (13)

Cuadro 2. Composición de tubérculo en 100 g de papa cruda

Alimento	Energía		Humedad (%)	Proteínas	Grasa (g)	Total carbohidratos (g)	Régimen de fibra cruda
	Kj	Kcal					
Papa	335	80	78.0	2.1	0.1	18.5	2.1 ^b

Jennifer A. Woolfe. 1,987. La Papa en la Dieta Humana (13)

Cuadro 3. Composición química de la papa

Componentes	Media (%)	Variación (%)
Humedad	77.5	63.20 – 86.90
Sólidos totales	22.5	13.10 – 36.80
Carbohidratos totales	19.40	13.30 – 30.50
Proteínas	2.0	0.70 – 4.60
Cenizas	1.0	0.44 – 1.90
Fibras	0.6	0.17 – 3.48
Grasas	0.1	0.02 – 1.00

Fuente: SMITH. O. Potatoes: production, storing, precesing

La papa es uno de los alimentos más nutritivos para el hombre. Tiene proteínas de buena calidad e índice de valor biológico alto (igual a 73.0 que corresponde a cerca del 77% del valor biológico de la proteína del huevo). La relación de proteínas y calorías disponibles indica que puede ser una de las mejores alternativas alimenticias para los pueblos de los países en desarrollo y subdesarrollo. Es uno de los cultivos que presentan mayor producción y proteína por hectárea por día.

La papa presenta una media de 2.1% de proteína total, que significa cerca de 10.4% del peso seco del tubérculo. Esto puede ser considerado excelente si tomamos en cuenta que el trigo y el arroz representan valores del 13 y 7.5% respectivamente. Considerando las producciones y contenidos de proteínas de cada cultivo, la papa puede rendir cerca de 300 Kg de proteína por hectárea, el trigo 200 Kg/ha y el arroz 168 Kg/ha.

Con relación a las vitaminas, la papa es considerada como fuente importante de vitaminas para la nutrición humana, principalmente de ácido ascórbico (vitamina C). Las principales vitaminas del complejo B presentes son: tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina y ácido fólico. (4)

Cuadro 4. Contenidos aproximados de las principales vitaminas presentes en la papa (tubérculos frescos).

Vitaminas	Ug (microgramos)/100g
Retino	3.60 – 7.10
Ácido ascórbico	22.60 – 36.1
Tiamina, B1	60 – 99.30
Riboflavina, B2	31.1 – 78
Niacina	1180 – 2133.3
Piridoxina, B6	123.3 – 241.3
Ácido fólico	9.1 – 21.7

Fuente: SHAW, R. Y BOOTH, R. *Simple processing of dehydrated potatoes and potato starch.*

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.

La papa puede sembrarse en zonas de clima cálido, pero con la condición de que durante la noche la temperatura del suelo sea menor a los 20 grados centígrados. De esta forma la planta puede formar tubérculos. Si esta condición no se cumple, la tuberización no se da o la misma es muy pobre y como consecuencia los rendimientos que se obtienen son bajos. En este tipo de condiciones se debe tener mucho cuidado debido a que los problemas de plagas y enfermedades serán más serios y los tubérculos pueden desarrollar desordenes fisiológicos que pueden demeritar su valor comercial.

El tubérculo no requiere luz para brotar. Sin embargo, cuando la planta ha emergido, necesita bastante luz para su desarrollo. Un sol fuerte durante mucho tiempo reduce la producción.

La planta de papa necesita agua continua durante la etapa de crecimiento. Durante la primera etapa de su desarrollo, la planta requiere un poco menos de agua, pero después hasta la cosecha, el consumo de agua es alto. Harris (1978), menciona que las plantas de papa responden con incrementos de hasta 1.4 ton/ha por cada centímetro de precipitación, constituyendo el suministro de agua en una de las principales causas para las variaciones en los rendimientos observados año con año en muchos cultivares. Conforme el potencial de agua del suelo disminuye, los rendimientos de tubérculos, expresados como peso fresco, también disminuyen en una relación lineal.

Una lluvia fuerte después de un período de sequía, provoca cambios en el crecimiento y desarrollo del tubérculo, disminuyendo su calidad (puede provocar lesiones o rajaduras a nivel de la piel del tubérculo o malformaciones).

Según Egúsqiza, R. (1,987), la papa es una planta muy sensitiva al déficit o al exceso de agua en todos sus estados de crecimiento. El exceso de agua en el suelo favorece a las pudriciones causadas por hongos y bacterias.

La humedad relativa (humedad del aire) como componente del clima es importante para la producción. La humedad relativa de 70-90% es útil para la economía del agua en las plantas pero también peligrosa por ser favorable para el desarrollo y proliferación de hongos que causan enfermedades en la planta. (5)

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.

Los mejores suelos para papas son los porosos, friables y bien drenados, con un profundidad de 25-30 centímetros. Los suelos muy arenosos no retienen humedad y por esto requieren de riegos frecuentes. Los suelos derivados de materia orgánica son los mejores y producen los más altos rendimientos.

La calidad del producto depende del tipo del suelo. En suelos francos, la epidermis de los tubérculos es más clara, se desarrollan tubérculos más grandes y se conservan mejor en el almacenamiento.

La papa se produce mejor en suelos con pH 5.0 a 5.4. Por arriba de pH 5.4, en suelos cultivados por mucho tiempo con papa, se tiene el problema del ataque del organismo que provoca la sarna común (***Streptomyces scabies***) en los tubérculos.

En suelos con valores de pH debajo de 5.0, éste se puede subir por medio de la aplicación de enmiendas calcáreas (encalado de suelos), dos o tres meses antes de la siembra. En el caso contrario, suelos con pH arriba de 5.4, se deben usar abonos a base de sulfatos o bien hacer una aplicación de azufre, sulfato ferroso o sulfato de aluminio (alumbre).

Considerando lo anterior, un buen manejo de los suelos paperos requiere que estos sean tratados de manera que produzcan el máximo rendimiento de tubérculos por el mayor período de tiempo. Para dicho manejo se requiere que se establezcan como objetivos:

- El mantenimiento de una buena estructura,
- Reacción del suelo, y
- Fertilidad del suelo.

Esta última, es la condición menos difícil de mantener con la ayuda de los fertilizantes comerciales, mientras que mantener y mejorar la estructura de un suelo muy pesado (arcilloso) es muy difícil. El cultivo frecuente y por largo tiempo de un suelo francoarcilloso fino tiende a decrecer sus espacios porosos.

El manejo de los suelos franco-arenosos y suelos livianos, en general, es relativamente fácil. Debido a la dificultad de cambiar la estructura y la reacción de un suelo, la elección de suelo para papa es muy importante; para mejorar la estructura del suelo se usan los abonos verdes y los estiércoles. (6)

4.5. Cultivares

Dependiendo de las condiciones de altitud, clima, suelo y fertilización, pueden variar algunas características fenotípicas o expresiones genéticas en los diferentes cultivares de papa liberado por ICTA descritos a continuación.

4.5.1. Variedad Ioman

Planta con tallos y hojas de color verde oscuro. Su altura de planta varía desde 20-30 cm (3,500 msnm) a 60-65 cm (2,390 msnm). En condiciones de campo no produce flores o algunas veces pocas. La forma del tubérculo puede variar de oblongo alargado a alargado. La pulpa y piel es de color crema, susceptible a Tizón Tardío. Su ciclo vegetativo varía de 80-90 días (2,390 msnm) a 120 días (3,500 msnm). A 2,390 msnm presenta 18.8 % de sólidos y 13.2 % de almidón. De acuerdo a su uso, se caracteriza por ser excelente para papas hervidas y puré; de regular a buena para papalinas y enlatado. Presenta una textura cerosa. Los rendimientos pueden variar de 15 t/ha (3,500 msnm) a 20-30 t/ha (2,390 msnm).

4.5.2. Variedad tollocan

Planta con tallos rectos, fuertes y hojas de color verde. Esta puede alcanzar una altura de 70-95 cm. Las flores son de color blanco, las cuales se presentan entre los 55 a 60 días después de la siembra. Su madurez fisiológica la alcanza a los 110 ó 115 días después de la siembra. La piel y la pulpa son de color crema. El tubérculo tiene forma oblonga a redonda. A 2,390 msnm presenta 18.2 % de sólidos totales y 12.6 % de almidón. Se considera tolerante a Tizón Tardío. De acuerdo a estas características, su uso es adecuado para papas hervidas y puré; de regular a buena para papalinas. Su rendimiento varía de 25 a 35 t/ha. Su textura es cerosa.

4.5.3. Variedad ICTA Chiquirichapa

Puede alcanzar alturas de planta de 60-70 cm. Su floración se presenta a los 55-60 días después de la siembra. El color de las flores es lila. Su piel y pulpa es de color amarillo.

Los tubérculos presentan forma oblonga alargada. A 2,390 msnm presenta 19.5 % de sólidos totales y 13.7 % de almidón. Se considera susceptible a Tizón Tardío. Su rendimiento varía de 25 a 35 t/ha.

Su uso es adecuado para papas hervidas y puré; de regular a buena para papalinas. Su textura es cerosa.

4.5.4. Variedad ICTA xalapan

Variedad de porte alto (75-95 cm), follaje denso de color verde y hojas gruesas. Presenta flores de color morado. Tubérculo de forma alargado. Su hábito de crecimiento es decumbente, por lo que requiere calza alta y oportuna desde la siembra hasta antes de la floración. Su ciclo vegetativo puede variar de 100 a 140 días después de la siembra.

El rendimiento varía de 25 a 40 t/ha. Se considera tolerante a Tizón Tardío así como a heladas no muy severas. Es buena para frituras caseras, ensaladas y papas hervidas.

4.5.5. Variedad atzimba

Presenta alturas de planta de 60 hasta 80 cm; flores de color blanco. Su madurez fisiológica la alcanza a los 115 ó 150 días después de la siembra (2,390 msnm y 3,500 msnm, respectivamente).

Los tubérculos son redondos a oblongos. Su piel y pulpa es de color crema. A 2,390 msnm reporta 16.7 % de sólidos totales y 10.9 % de almidón. Se considera tolerante a Tizón Tardío. De acuerdo a sus características culinarias, es buena para frituras caseras, ensaladas y papas hervidas. Su textura es pastosa.

4.5.6. Variedad ICTAFRIT

Presenta follaje abundante de color verde oscuro. Plantas que alcanzan los 80-90 cm. Florea entre los 70-75 días después de la siembra (2,390 msnm) y 130 días después de la siembra a 3,500 msnm. Sus flores son de color rosado. La piel y la pulpa son de color blanco. Se caracteriza por que sus ojos en las yemas presentan un color púrpura. A 2,390 msnm se reporta 17.3 % de sólidos totales y 11.6 % de almidón. Se considera tolerante a Tizón Tardío.

Considerando sus cualidades culinarias, es buena para papas fritas, ensaladas y papas hervidas. Su rendimiento se ve afectado principalmente por altura sobre el nivel del mar; siendo éste de 20-30 t/ha a 2,390 msnm y 60 t/ha a 3,500 msnm.

4.5.7. Variedad atlantic

Introducida al país por la Empresa Productos René, S.A. y multiplicada en sus inicios por el ICTA. Es de tubérculo oblongo. Color de piel crema y pulpa blanco. Alcanza alturas de planta de 40-50 cm. (2,390 msnm). Florea a los 55- 60 días después de la siembra. El color de sus flores es lila pálido. A 2,390 msnm reporta 21.4 % de sólidos totales y 15.8 % de almidón. Es susceptible a Tizón Tardío. Uno de los atributos principales de esta variedad es su calidad industrial. Es excelente para cocinar papas horneadas, papalinas y papas fritas a la francesa. Presenta una textura harinosa, seca. (7)

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. Además, incluyen otros descriptores donde se usan coeficientes entre las mediciones de caracteres que permiten una descripción más confiable de formas. 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.

La papa es un cultivo que tiene una frecuencia de mutaciones somáticas relativamente alta. Por lo tanto, no es inusual encontrar entradas que son idénticas en todas sus características de tallos, hojas y flores pero tienen diferente color de piel del tubérculo. Sin embargo, no se debe confundir el cambio en el color de piel de los tubérculos por causas mutagénicas con aquellas que son la expresión normal de los genes que controlan la pigmentación antocianínica de los tubérculos. Por ejemplo, cultivares con tubérculos pigmentados de rojo o morado y con color crema alrededor de los ojos en forma de anteojos, pueden producir en la misma planta tubérculos totalmente pigmentados, de dos colores y totalmente sin pigmentación antocianínica (Ortiz y Huaman, 1994). (12)

4.6.1. Descriptores

El IPGRI citado por Franco, T. L. e Hidalgo, R., indica que un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar, o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de un cultivar. Los descriptores son aplicados en la caracterización y evaluación de los cultivares o accesiones debido a que ayudan a su diferenciación y a expresar el atributo de manera precisa y uniforme, lo que simplifica la clasificación, el almacenamiento, la recuperación y el uso de datos.(10)

Engels por su parte define descriptor como: términos descriptivos (unidades básicas de cada sistema de documentación), que expresan elementos de información.

IS/GR citado por Morera, indica que un descriptor es una variable o atributo que se observa en un conjunto de elementos, ejemplo: la altura de la planta, color de flor, etc.

4.6.2. Tipos de descriptores

A continuación se incluyen los diferentes tipos de descriptores cuya definición completa aparece en las listas del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).

- a. **De pasaporte.** Proporcionan la información básica que se utiliza para el manejo de la accesión, incluyendo el registro en el banco de germoplasma y cualquier otra información de identificación, y describen los parámetros que se deben observar cuando se hace la recolección original.
- b. **De manejo.** Proporcionan las bases para el manejo de las accesiones en el banco de germoplasma y ayudan durante su multiplicación y regeneración; por ejemplo, fechas de multiplicación, cantidades de semilla disponibles y porcentajes de viabilidad.
- c. **Del sitio y del medio ambiente.** Describen los parámetros específicos del sitio y del ambiente y ayudan en la interpretación de resultados cuando se realizan pruebas de caracterización y evaluación. Se incluyen, también, en esta categoría los descriptores del sitio de recolección del germoplasma; por ejemplo, coordenadas geográficas, características de clima y suelos.
- d. **De caracterización.** Permiten la discriminación relativamente fácil entre fenotipo. Generalmente son caracteres altamente heredables que pueden ser fácilmente detectados a simple vista y se expresan igualmente en todos los ambientes. Además, pueden incluir un número limitado de caracteres adicionales considerados como deseables por consenso de los usuarios de un cultivo en particular; por ejemplo, colores y formas de tallos, hojas, flores, semillas y frutos. Adicionalmente, en los últimos años se están incluyendo descriptores relacionados con los marcadores moleculares, gracias a los avances logrados en la biología molecular, especialmente en las técnicas de electroforesis.

e. De evaluación. La expresión de la mayoría de los descriptores de esta categoría depende del medio ambiente y, en consecuencia, se requieren métodos experimentales especiales para su evaluación. La evaluación puede también involucrar métodos complejos de caracterización molecular o bioquímica. En este tipo de descriptores se incluyen caracteres como rendimiento, productividad agronómica, susceptibilidad a estrés y caracteres bioquímicos y citológicos, los cuales generalmente son de mayor interés en el mejoramiento de cultivos. (10)

4.6.3. Estados del descriptor y tipos de datos

Se espera que las características visibles de una especie sean más o menos homogéneas, sin embargo, todas no se expresan con la misma intensidad y algunos miembros de la población pueden presentar diferentes grados de expresión que se traducen en diferentes tipos de datos o categorías de variables.

Por tanto, los descriptores se pueden diferenciar de acuerdo con el estado que presentan, lo cual es conocido como 'estados del descriptor' y se registran mediante escalas de valor.(10)

Existen distintas categorías de datos, según la expresión del descriptor que puede ser en forma cualitativa o cuantitativa (Figura 1). Si se expresa en forma cualitativa, se pueden generar datos binarios (también llamados de doble estado), datos con secuencia (ordinales) y datos sin secuencia (nominales). Si se expresa en forma cuantitativa, los datos generados pueden ser discontinuos (llamados también discretos) y continuos.

Las siguientes sugerencias ayudan en el registro práctico de los datos:

- Para los datos cualitativos de tipo binario, cada descriptor presenta dos estados (presente= 1, ausente = 0). Por ejemplo, presencia de flores blancas (1), ausencia de flores blancas (0).
- Para los datos cuantitativos de tipo ordinal o con secuencia, el descriptor se registra utilizando una serie de estados predefinidos; por ejemplo, para altura de la planta: 1 = corta (<0.5 m), 3 = intermedia (>0.5 <1.5 m), 5 = alta (>1.5 m).
- Para los datos cualitativos de tipo nominal o sin secuencia el descriptor se registra usando una serie de estados previamente definidos; por ejemplo, 1 = blanco, 2 = crema, 3 = amarillo.
- Para los datos cuantitativos de tipo continuo el descriptor se registra en unidades internacionales (SI) estándar, por ejemplo, altura de la planta = 0.9 m; peso de 100 semillas = 250 g.

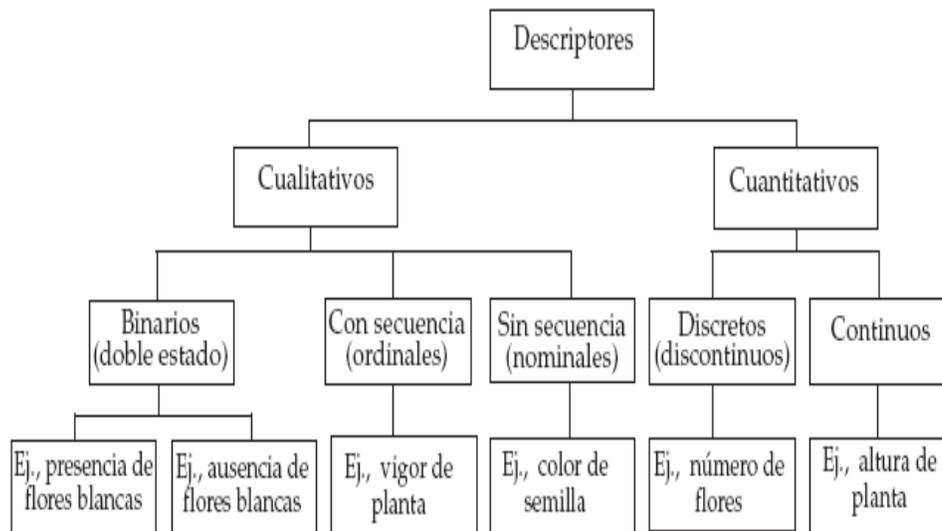


Figura 1. Tipos de datos y descriptorios

4.6.4. Organización de los datos, matriz básica de datos

La matriz básica de datos (MBD) se construye a partir de la información que se obtiene en la caracterización morfológica. Consiste en un arreglo en forma de cuadrícula con tantas filas como cultivares existentes (n) y una columna para cada variable (p) (cuadro 5).

Cuadro 5. matriz basica de datos

		Variables				
		X1	X2	X3	X4...	Xp
Accesiones	A1					
	A2					
	A3					
	A4					
	An					

n cultivares o accesiones medada sobre p variable
Esquema de una matriz básica de datos (MBD).

La construcción de la MBD es fundamental porque constituye el punto de partida o materia prima para la aplicación de las herramientas estadísticas. Desde el punto de vista geométrico y espacial la matriz $n \times p$ puede ser conceptualizada de las formas siguientes (Pla, 1986): (1) Como un conjunto de n accesiones en un espacio definido por las p variables, donde las observaciones serán puntos que representan a accesiones en el espacio. Las accesiones consideradas se comparan en función de sus variables. (2) Como un conjunto de p variables, donde las observaciones corresponderán a puntos que representan las variables. Las variables consideradas se comparan en función de las accesiones.(10)

4.6.5. Análisis de datos

4.6.5.1. 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. 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 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. (10)

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.

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.

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 ej., entre altura de planta y días a floración. Su valor oscila entre -1 y +1 (Cuadro 4). El signo del coeficiente 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 2): (1) los de dependencia, que son aquellos en los cuales una variable o conjunto de variables es identificado como dependiente de otro conjunto conocidas como independiente o predictor; y (2) los de interdependencia, o aquellos en que ninguna variable o grupo de variables es definido como independiente o dependiente y, más bien, el procedimiento implica el análisis simultáneo de todo el conjunto de variables (Hair et al., 1992).(10)

Cuadro 6. Clasificación de métodos estadísticos de análisis 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.

b.1) 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 (Pla, 1986; López e Hidalgo, 1994a).

El ACP concentra toda la variación presente en la matriz de datos originales en unos pocos ejes o componentes. Los componentes principales contienen información en diferentes proporciones de todas las variables originales y su número depende del número de éstas que se incorporen en el análisis. 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.

En cambio, el vector propio contiene los coeficientes de las combinaciones lineales de las p variables originales.

El ACP es una herramienta útil para analizar los datos que se generan de la caracterización y evaluación preliminar de germoplasma, y permite conocer la relación existente entre las variables cuantitativas consideradas y la semejanza entre las accesiones; en el primer caso, con el fin de saber cuáles variables están o no asociadas, cuáles caracterizan en el mismo sentido o en el sentido contrario; y en el segundo, para saber cómo se distribuyen las accesiones, cuáles se parecen y cuáles no.

También permite seleccionar las variables cuantitativas más discriminatorias para limitar el número de mediciones en caracterizaciones posteriores.

Una metodología alternativa que ayuda en la toma de decisiones relacionadas con los componentes realmente importantes consiste en construir una gráfica de barras utilizando los valores de la varianza absoluta para cada componente en el eje Y, y los componentes principales en el eje X. (10)

4.7. Marcadores moleculares.

Desde la prehistoria, el hombre ha seleccionado y mejorado especies vegetales, animales y microbianas basándose en el fenotipo. Las mejoras genéticas eran posible gracias a la variabilidad genética, a la heredabilidad del carácter que se quería aislar, a la eficacia e intensidad de la selección aplicada, y al tiempo necesario para realizar un ciclo de selección.

Sin embargo, quedan muchos aspectos desconocidos, como son el número y efecto de los genes implicados en la expresión de un carácter, la localización de estos genes, y su función fisiológica. Por otra parte, la taxonomía siempre ha estudiado características morfológicas, lo cual requiere observaciones muy exhaustivas de los organismos en diferentes estadios de desarrollo. Los criterios utilizados carecen muy a menudo de definición y objetividad y, en cualquier caso, son marcadores ambiguos debido a las influencias ambientales. (16)

Afortunadamente la aparición de los marcadores moleculares está ayudando a eliminar tanto los inconvenientes de una selección basada en el análisis exclusivo del fenotipo, como la identificación de especies y variedades de una forma más rigurosa y repetitiva.

Los **marcadores moleculares** son biomoléculas que se pueden relacionar con un rasgo genético. Las biomoléculas que pueden ser marcadores moleculares son las proteínas (antígenos e isoenzimas) y el DNA (genes conocidos o fragmentos de secuencia y función desconocida). Cuando varios marcadores moleculares se asocian inequívocamente con un rasgo genético, se dice que forman un **QTL** (loci de rasgos cuantitativos o cuantificables).

Un marcador molecular **monomórfico** es invariable en todos los organismos estudiados, pero cuando presenta diferencias en el peso molecular, actividad enzimática, estructura, o sitios de restricción, se dice que es **polimórfico**. A veces el grado de variación es tal que se denominan **hipervariable**. (17)

Los primeros marcadores desarrollados a finales de los 70 se basaron en la identificación de proteínas e **isoenzimas** por electroforesis en geles de almidón o poli(acrilamida). Con ellos se abrió el conocimiento de la estructura y heterogeneidad genética entre diferentes especies, variedades, y poblaciones de distinto origen geográfico. Pero esta técnica tenía una limitación muy importante: no era capaz de detectar suficiente polimorfismo entre variedades o especies próximas debido a que las proteínas son el resultado de la expresión génica, que puede ser distinta de unos tejidos a otros, de una etapa de desarrollo a otra, de un medio ambiente a otro, y de una época del año a otra. (21)

Los avances de la tecnología del DNA recombinante han permitido el desarrollo de los **marcadores moleculares basados en el DNA**, consiguiendo estabilidad en la identificación de especies y variedades. El número de técnicas descritas es cada vez más numeroso, por lo que vamos a reunir las en 3 categorías: RFLP, MAAP y STS. Pero antes conviene saber lo que es una **PCR** (reacción en cadena de la polimerasa), descrita en 1988. (21)

La PCR es una de las técnicas esenciales para la preparación de huellas dactilares, si bien no vale para elaborar marcadores por sí sola. La reacción básica de la PCR comienza con la desnaturalización del DNA molde para separar las cadenas, continúa con el alineamiento de un par de oligonucleótidos con su DNA molde, y termina con la polimerización para sintetizar un nuevo DNA entre los dos oligonucleótidos. De aquí se vuelve a la desnaturalización para comenzar un nuevo ciclo. Hoy en día todo el proceso está completamente automatizado en un aparato llamado? termociclador?, y existe una batería de enzimas y condiciones que permiten polimerizar hasta 35 kpb sin errores, aunque las condiciones normales amplifican sin problemas fragmentos de 3 a 6 kpb de longitud. (16)

AFLP (*Polimorfismo de la longitud de los fragmentos amplificados*).

Esta técnica se desarrolló en 1995 y combina el uso de enzimas de restricción y oligonucleótidos para PCR, de manera que se obtienen marcadores moleculares muy específicos sin necesidad de conocer la secuencia con anterioridad.

El DNA se corta con dos enzimas de restricción, una de corte muy frecuente, y otra de corte poco frecuente. A los fragmentos se les ligan oligonucleótidos de extremos compatibles con las enzimas usadas. Y se amplifica por PCR. Jugando con la complementariedad del oligonucleótido con el sitio de restricción se puede disminuir o aumentar el número de bandas amplificadas.

Una ventaja especial de esta técnica es que es capaz de generar muchos marcadores moleculares en una sola reacción. Por eso el resultado debe resolverse en un gel de poliacrilamida de alta resolución, puesto que no se resolverían en agarosa. Esta técnica ya se ha usado con éxito en patatas y cebada. (17)

V. Marco referencial

5.1. Localización y características agroclimáticas del área de estudio

5.1.1. Localización

La aldea “Climentoro” pertenece a la jurisdicción del Municipio de Aguacatán del Departamento de Huehuetenango. Se localiza al Norte de la cabecera Municipal, se comunica con la misma por medio de una carretera de terracería de 8 kilómetros. La Aldea se localiza en Latitud Norte 15° 24´ 17’’ y Longitud Oeste 21° 21´ 40’’ y a una altura de 2,914 msnm. Tomando como referencia la Cooperativa Joya Hermosa R.L.

La comunidad, Cantón los Posos Chemal I, del Municipio de Todos Santos Cuchumatán del Departamento de Huehuetenango. Se localiza al Noreste de la cabecera Municipal, se comunica con la misma, por medio de una carretera de terracería a 21 kilómetros y de la cabecera Departamental a 35 kms.

La aldea se localiza en Latitud Norte 15° 24´ 16’’ y Longitud Oeste 91° 21´ 06´ y a una altura de 3,484 msnm. Tomando como referencia la ruta que va a Chichim Todos Santos Cuchumatán.

5.1.2. Situación ecológica

- **Altitud:** 2,800 a 3,000 msnm y 3,400 a 3,500 msnm.
- **Clima:** frío.
- **Topografía:** Ondulada.
- **Pendiente de los suelos:** mayor del 15 a 25%
- **Zona de Vida:** Bosque muy húmedo Montano Subtropical (bmh-MB) y Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-M)
- **Cultivos principales:** Sistema de maíz, papa, haba y trigo, ganado menor (ovejas)
- **Ciclo de los cultivos principales:** anual

5.1.3. Zona de Vida

La aldea “Climentoro” se sitúa dentro de la clasificación de **Bosque muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (bmn-MB)**.

Esta zona de vida se ubica en una elevación entre 1,800 y 3,600 msnm, con una temperatura que oscila entre los 10 a 18° C, y una precipitación pluvial anual de 2,065 a 3,900mm. Es una región fría, lluviosa y se evapora el 75% de agua que cae por lo que se mantiene cierta humedad. (6)

5.1.4. Climatología

a) Precipitación pluvial

La precipitación anual va de 1000 a 2500 mm. con un promedio de 1850 mm. distribuida entre los meses de mayo a octubre. (8)

b) Temperatura

La temperatura media anual es de 14.0 °C, temperatura media máxima de 23 °C y la temperatura media mínima de 16 °C. Las temperaturas absolutas son: máximas de 23 °C y mínima de 2.0 °C. Con una humedad relativa del 70% (8)

5.1.5. 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. La región esa mejor adaptada a árboles, cultivos permanentes y pastos, pues en general es demasiado inclinada o pedregosa para el cultivo con maquinaria, además de sus comunicaciones tan inadecuadas.

5.1.6. Vías

La aldea “Climentoro” se encuentra a una distancia de 36 kilómetros al Norte de la cabecera departamental de Huehuetenango y al Nor-Occidente de la ciudad capital a una distancia de 293 kilómetros, saliendo de la cabecera Departamental de Huehuetenango a la carretera que conduce hacia la Villa de Chiantla y hacia la Aldea con vías de acceso con terracería en malas condiciones.

La comunidad, Cantón las Posas Chemal I, del municipio de Todos Santos Cuchumatán del Departamento de Huehuetenango. Se localiza al Noreste de la cabecera Municipal, se comunica con la misma por medio de una carretera de terracería a 21 kilómetros y de la cabecera Departamental a 35 kms.

VI. Objetivos

6.1. General

- 6.1.1. Generar información sobre las diferencias y similitudes morfológica y molecular de 36 cultivares de papa (*Solanum tuberosum*), en dos municipios del departamento de Huehuetenango.

6.2. Específicos

- 6.2.1. Determinar el grado de diferenciación fenotípica y genotípica de los cultivares de papa bajo estudio.
- 6.2.2. Determinar el grado de similitud fenotípica y genotípica existente entre los cultivares de papa bajo estudio.
- 6.2.3. Seleccionar cultivares promisorios en base a sus componentes de rendimientos primarios.

VII. Hipótesis

Ha: Al menos uno de los cultivares de papa bajo estudio presenta variabilidad de acuerdo a sus características fenotípicas y genotípicas.

VIII. Metodología

8.1. Material Experimental.

Se utilizaron 36 cultivares de papa, 25 recolectados en las zonas de la Sierra de los Cuchumatanes y 11 recolectadas en Ixchiuan San Marcos.

8.2. Área de Estudio de la Caracterización.

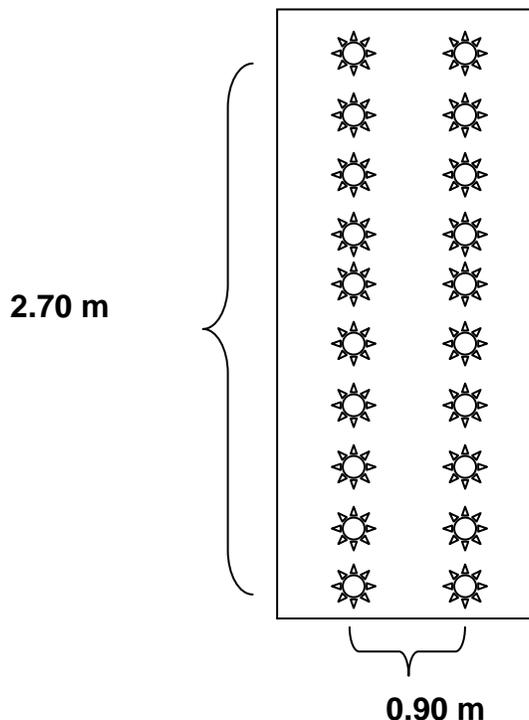
La superficie de estudio se constituyó en dos localidades, cada uno de ello, con un área de 371 m², donde se trazó 36 parcelas experimentales de 2.43 m² cada una, mas el efecto de borde y calles entre tratamiento, ver croquis de distribución aparece abajo.

8.3. Diseño Experimental

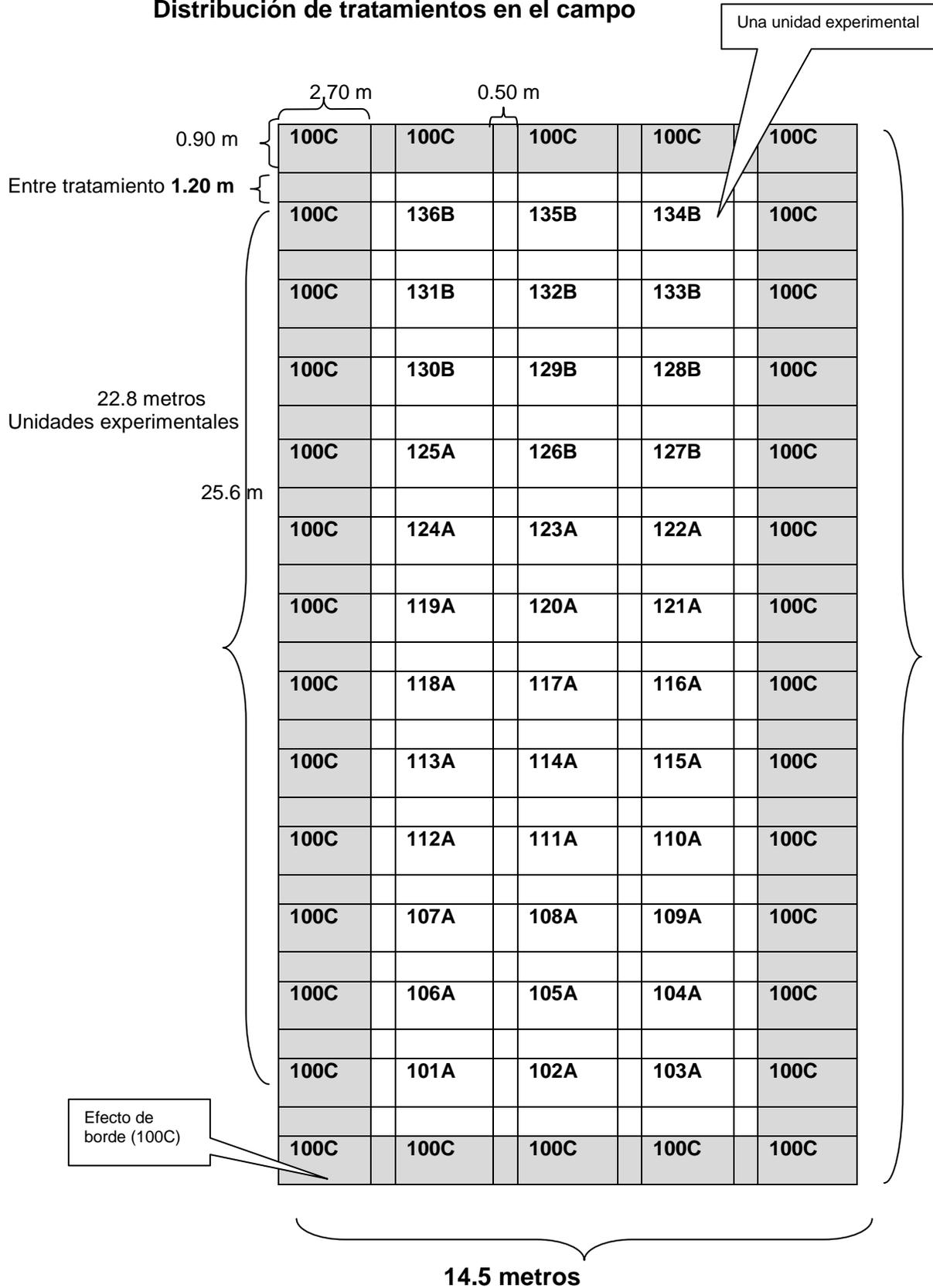
No se utiliza diseño experimental por ser un trabajo de caracterización.

8.4. Tamaño de la Unidad Experimental

La unidad experimental se conformó por dos (2) surcos de 2.70 metros de largo y distanciados entre sí a 0.90 metros, cada surco contiene 10 posturas, sembradas a 0.30 m cada una, haciendo un área de 2.43 m² para cada unidad experimental.



Distribución de tratamientos en el campo



Como se puede observar en el croquis de arriba, las dimensiones del área en donde se realizó el experimento tuvo un largo de 22.8 metros y 14.5 m de ancho, incluyendo calles de 0.50 m entre tratamientos en dirección de surcos y 1.20 m entre tratamientos en forma vertical y bordes con las mismas dimensiones que los tratamientos, con un área total de 371 m² por cada localidad

8.5. Manejo del experimento

8.5.1. Preparación del suelo

La preparación del suelo, consiste en un picado profundo (25 a 30 cm), el cual se realizó con azadón, piocha o choqueador dejando bien mullido.

8.5.2. Siembra

Los surcos se trazaron a una distancia de 90 cm entre sí, 0.30 entre plantas y tener una profundidad de 15 cm. El fertilizante se colocó en el fondo del surco. Para la siembra se efectuó una aplicación Fenamiphos (Jade 50 JR), para proteger la semilla contra plagas del suelo aplicando en el fondo del surco.

Se colocó una semilla por postura, la densidad poblacional fue de 720 plantas por cada localidad. Para asegurar un buen porcentaje de germinación y protección contra el complejo de hongos del suelo se realizó un tratamiento químico a la semilla, utilizando 1 copa de cupravit (cupravit^R) + 1 copa de Carbendazim (derosal 500 D) de 25cc por bomba de asperjar de 4 galones aplicando en forma roseado sobre las semillas colocado en el fondo de los surcos. Esto es para controlar insectos y enfermedades fungosas en el suelo.

8.5.3. Control de malezas y aporque

El control de malezas se realizó mediante dos limpiezas con azadón. La primera a los 30 días después de la siembra. Consistió principalmente de un raspado con azadón. La segunda limpieza se hizo a los 40 días de la siembra y se aprovecha para realizar una calza alta. Con la misma se eliminaron las malezas.

8.5.4. Fertilización

Se utilizó 4 onzas de gallinaza procesada por planta, cada tratamiento tiene 20 plantas que hace un total de 5 libras por cada unidad experimental. Se utilizó triple 15 (N-P-K), con 1 onza de triple 15 por planta, cada tratamiento tiene 20 plantas que hace un total de 1.25 libras por cada unidad experimental.

Se aplicó una segunda fertilización en forma tronqueada (41 días después de la siembra) en el momento de la calza, utilizando triple 15. En el área experimental total se aplica 180 libras de gallinaza procesada, y 45 libras de triple 15 (N-P-K).

8.5.5. Manejo de plagas

- A los 25 días de la siembra se utilizó Tiametoxam (*Engeo*®) 6 cc por bomba de asperjar de 4 galones, para el control de insectos del follaje, más su adherente 810.
- A los 28 días de la siembra se utilizó propineb 70% (Antracol^R 70 PM), 4 copas de 25 cc por bomba de asperjar de 4 galones para preventivo, mas adherente 810. Para el control de (*Phytophthora infestans*)
- A los 36 días de la siembra se utilizó Mandipropamida (**REVUS® 250 SC**), 2 copas de 25 cc por bomba de asperjar de 4 galones para preventivo y curativo, mas adherente 810. Para el control de (*Phytophthora infestans*).
- A los 44 días de la siembra se utilizó propineb 70% (Antracol^R 70 PM), 4 copas de 25 cc por bomba de asperjar de 4 galones para preventivo, mas adherente 810. Para el control de tizones de la papa
- A los 52 días de la siembra se aplicó BAYFOLAN 9-9-7, más adherente 810.
- A los 60 días de la siembra se utilizó Mandipropamida (**REVUS® 250 SC**), 2 copas de 25 cc por bomba de asperjar de 4 galones para preventivo y curativo, mas adherente 810. Para el control de (*Phytophthora infestans*).
- A los 68 días de la siembra se utilizó propineb 70% (Antracol^R 70 PM), 4 copas de 25 cc por bomba de asperjar de 4 galones para preventivo, mas adherente 810.
- A los 76 días de la siembra se utilizó Mandipropamida (**REVUS® 250 SC**), 2 copas de 25 cc por bomba de asperjar de 4 galones para preventivo y curativo, mas adherente 810.

8.5.6. Cosecha

En la etapa de la cosecha se realizó un cuidado especial para mantener la calidad del producto, es decir, en el caso de la papa es importante que éstas no se golpeen, rajen o sufran magulladuras. Al mismo tiempo se sacó un promedio de tubérculos por cada planta y por cada parcelas para determinar los cultivares promisorios en base a los componentes de rendimiento primarios.

8.5.7. Manejo de postcosecha

La producción se almacenó en cajas de madera de 50 libras cada uno, para esperar el brote para semilla en la siguiente temporada.

8.6. Análisis de la Información

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 (Cluster) 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.

Los cultivares se realizó un análisis de Componentes Principales, procediendo a utilizar una matriz básica de datos en una hoja electrónica (Excell), de cada uno de los cultivares caracterizados. Los valores obtenidos en la matriz básica, se ingresaron al programa estadístico Statistica, en donde se obtuvo el agrupamiento de cultivares de acuerdo a sus características de mayor similitud (las más principales).

8.7. Toma de datos

Los datos de la caracterización morfológica y molecular son registrados utilizando el descriptor del Centro Internacional de la papa y del IPGI, anotando en ellas la medición de cada una de las características a estudiar por unidad experimental.

8.8. Caracterización molecular

La metodología que se describe a continuación se realizó para cada uno de los clones de papa que se recibieron en el Laboratorio de Biotecnología de ICTA Central. Todas las plantas fueron conservadas en bandejas. El material inicial se obtuvo de la mezcla de ADN de cuatro plantas representativas de cada clon según el croquis entregado junto al material a evaluar. Para mayor detalle de los métodos referirse a Ponciano *et al.* 2009 (ver al final la lista de referencias bibliográficas, pueden ser consultadas en la Web).

Los microsatélites utilizados se escogieron de tal forma que se cubriera gran parte del genoma de la papa y que tuvieran temperaturas de hibridización similares para facilitar el trabajo de amplificación.

a. Extracción de ADN

Se maceró con nitrógeno líquido el tejido fresco proveniente de hojas jóvenes de 4 plantas de cada clon. El polvo obtenido se incubó a 65°C por 30 minutos con 500uL de buffer CTAB, agitando constantemente. Se recuperó el ADN de fase acuosa con dos extracciones consecutivas con cloroformo: alcohol isoamílico (24:1). La fase acuosa se incubó a 37°C por 30 minutos con 30uL de ARNasa 10mg/mL. Se precipitó el ADN con 1mL de etanol absoluto almacenado a -20°C y se incubó a -20°C por 15 minutos. Se centrifugó a 13,000rpm por 10 minutos y se lavó el pellet con etanol al 70%. El pellet se resuspendió en buffer TE (10mM Tris-HCL, 1mM EDTA, pH 8.00) y se almacenó a 4°C.

b. Determinación de la concentración de ADN obtenido después de la extracción:

A partir de diluciones 1:200 del ADN final obtenido con cada protocolo de extracción se realizó una determinación por espectrofotometría de la concentración del ADN. Se utilizó el factor de conversión $A_{260nm} 1.0 = 50.0 \mu g/mL$.

c. Amplificación de secuencias simples repetidas:

El ADN extraído se utilizó como molde para amplificar los marcadores moleculares microsatélites que se describen en el Cuadro 1 por medio de la Reacción en Cadena de la Polimerasa PCR en las condiciones que se describen en los cuadros 2 y 3.

Cuadro 7. Descripción de los microsatélites utilizados para la caracterización de papa.

Asignación / Referencia	Cromosoma	Motivo	Tamaño producto (pb)	Th (°C)
STM3023a/ Ghislain <i>et al.</i> (2004)	IV	(GA) ₉ (GA) ₈	169-201	52
STM0030/ Ghislain <i>et al.</i> (2004)	XII	(GT/GC)(GT) ₈	122-191	52
STM2030/ Ghislain <i>et al.</i> (2004)	I	(CA) ₃ , (TA) ₅	180-209	55
STM1064/ Ghislain <i>et al.</i> (2004)	II	(TA) ₁₂ (TG) ₄ GT	188-199	55
STM1058/ Ghislain <i>et al.</i> (2004)	III	(ATT) ₅	107-122	55
STPoAc58/ Ghislain <i>et al.</i> (2004)	V	(TA) ₁₃	203-2077	57
STM1104/ Ghislain <i>et al.</i> (2004)	VIII	(TCT) ₅	164-185	57
STM3012/ Ghislain <i>et al.</i> (2004)	IX	(CT) ₄ , (CT) ₈	168-213	57
Stl019/Feingold <i>et al.</i> (2005)	VII	(ATCT) _n	86-130	60
St020/ Feingold <i>et al.</i> (2005)	IV	(AAT) _n	86-130	60

*pb= pares de bases, Th= temperatura de hibridización.

Cuadro 8. Mezcla de reacción PCR para la amplificación de microsatélites en maíz.

Componente	Concentración final
PCR buffer <i>Tfi</i> 5X	1X
MgCl ₂ 50mM	2.5mM
dNTPs 10mM c/u	400uM
Partidores (F+R) 12.5uM c/u	1uM c/u
<i>Tfi</i> ADN Polimerasa 5U/uL	1U
H ₂ O	Llevar al volumen final
ADN molde (25ng/uL)	5uL
Volumen final	25uL

Cuadro 9. Programa de amplificación en termociclador.

Evento	# ciclos	Temperatura	Tiempo
Desnaturalización inicial	1	94°C	2 min
Desnaturalización	1	94°C	30 seg
Hibridización	1	Th*	1 min
Elongación	1	72°C	1 min
Repetición de ciclo	30		
Elongación final	1	72°C	5 min
Finalización	1	4°C	Indefinido

*Según temperatura de hibridización Th descrita en el Cuadro 7.

e. Visualización de fragmentos amplificados:

Los productos de PCR se resolvieron por medio de una electroforesis vertical (Bio-Rad) en gel de poliacrilamida al 5% desnaturalizante y los fragmentos amplificados se visualizaron con tinción de nitrato de plata. Las muestras fueron mezcladas con *Stop Mix* (95% formamida, agua didestilada, 1mg xilen cianol, 1mg azul de bromofenol, 0.5M EDTA) y desnaturalizadas con choque térmico antes de ser cargadas en el gel. Los geles finales fueron escaneados en tipo de archivo *.tif, luego analizados con programas bioinformáticos de acuerdo a los patrones de bandas observados.

IX. Análisis y discusión de resultados

9.1. Búsqueda de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.)

A continuación se presentan las referencias de cada uno de los cultivares de papa colectados, indicando su procedencia, agricultor, altitud y coordenadas geográficas.

9.1.1. Departamento de Huehuetenango

En Huehuetenango se presentan las comunidades y Municipios del Departamento, en donde se encontraron los cultivares de papa.

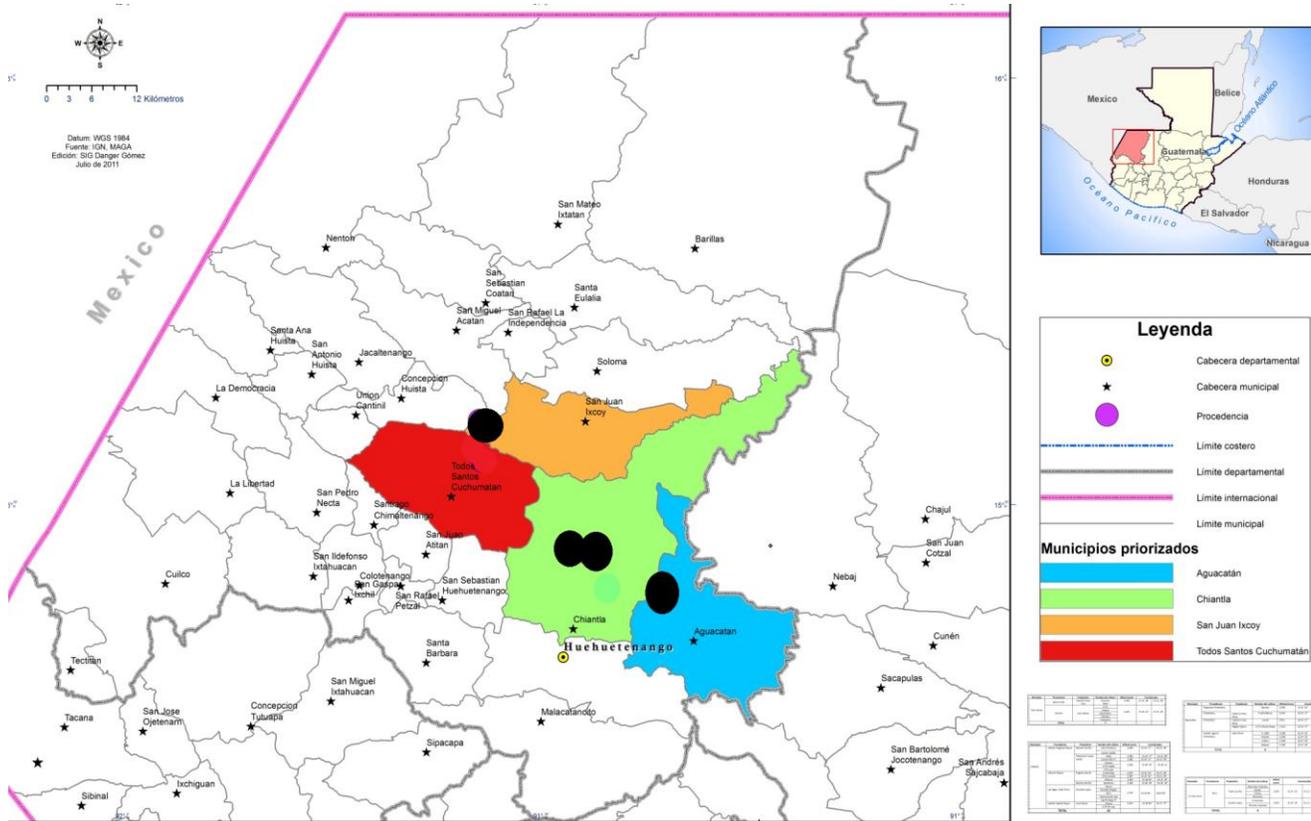
Cuadro 10. Cultivares de papa encontrado en la Sierra de los Cuchumatanes.

Municipio	Procedencia	Agricultor	Nombre del cultivar	Altitud msnm	Coordenadas	
Aguacatán	Climentoro	Catarino Ixcoy Pérez	Zaculeu, Criolla blanca, Loman, ICTA Chiquirichapa	2,914	15 24´ 17"	91 21´ 05"
Subtotal			4			
Chiantla	Las Vegas , Siete Pinos	Gonzalo López	Murca, Morada antigua	3.154	15 26´ 09"	91 25´ 46"
	Paquix	Patrocinio Tomas Carrillo	Loman Díaz 71, ICTA rosada, ICTA roja, Zanahoria, Tollocan, Loman Castillo, ICTA morada, Criolla roja, Anita, Toliman, ICTA frit blanca,	3.160	15 26´ 33"	91 26´ 21"
	Paquix	Juan García	Tacana, ICTA frit roja	3.167	15 26´ 46"	91 27´ 37"
Subtotal			15			
San Juan Ixcoy	Bacú	Pedro Carrillo	Mejorada mejorada, Alaska, Crema, Mexicana, Morada mejorada.	3.395	15 24´ 16"	91 21´ 06"
	Bacú	Eusebio López	Punto Rojo,	3.393	15 24´ 18"	91 21´ 07"
Subtotal			6			
TOTAL			25			

Fuente: El Autor, (2010).

De acuerdo a los resultados de búsqueda, en el Departamento de Huehuetenango, se puede observar, se colectaron un total de 25 cultivares de papa, en tres Municipios; Aguacatán con cuatro, Chiantla con quince y San Juan Ixcoy con seis cultivares.

El siguiente mapa del Departamento de Huehuetenango, ilustra las localidades donde se encontraron los diferentes cultivares de papa, de acuerdo a sus coordenadas Geográficas.



Fuente: (El autor, 2010)

Como se puede observar en el mapa anterior, se encontraron los materiales de papa en los siguientes Municipios y comunidades; Agucatán en la Aldea Climentoro, Chiantla en la Aldea Paquix y, San Juan Ixcoy en la Aldea Bacu, se muestra la forma como se ubican los diferentes cultivares de papa en el Departamento de Huehuetenango específicamente en la Meseta de los Cuchumatanes, habiéndose ubicado en alturas comprendidas desde los 2,900 a 3,400 metros sobre el nivel del mar.

9.1.2. Departamento de San Marcos

A continuación se presentan las comunidades y Municipios del departamento de San Marcos, en donde se han encontrado cultivares de papa.

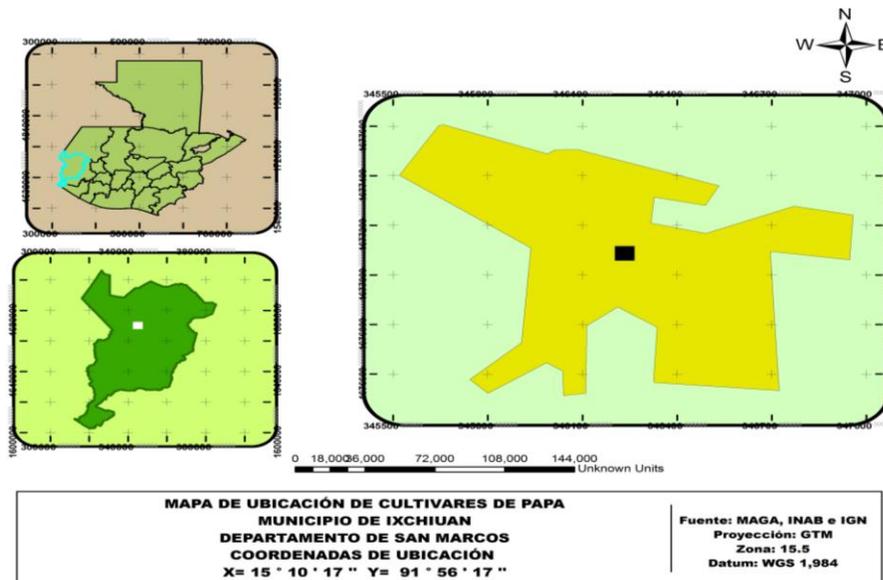
Cuadro 11. Cultivares de papa encontrado en Ixchian San Marcos.

Municipio	Procedencia	Agricultor	Nombre del cultivar	Altitud msnm	Coordenadas	
Ixchian	Ixchian	Macario Domingo Aguilar	Soloman, Tacana SM	3,282	15 10´ 17"	91 56´ 17"
	Ixchian	Donaldo Cateñon	ICTA, Cuarentena	3,282	15 10´ 17"	91 56´ 17"
	Ixchian	Telesforo Sandoval	Variedad X, Mani	3,282	15 10´ 17"	91 56´ 17"
	Ixchian	Julio Leonardo Tema	FL 1867	3,282	15 10´ 17"	91 56´ 17"
	Ixchian	Paulino Ramos	Criolla x,	3,282	15 10´ 17"	91 56´ 17"
	Ixchian	Jorge Mario Ramos	Lengua	3,282	15 10´ 17"	91 56´ 17"
	Ixchian	Eleuterio García	Atlantic, Atzimba	3,282	15 10´ 17"	91 56´ 17"
		TOTAL	11			

Fuente: El Autor, (2010).

De acuerdo a los resultados de búsqueda, en el Departamento de San Marcos, en el Municipio de Ixchian se puede observar que se colectaron un total de 11 cultivares de papa en el Municipio de Ixchian.

El siguiente mapa ilustra las localidades donde se encontraron los diferentes cultivares de papa, de acuerdo a sus coordenadas Geográficas



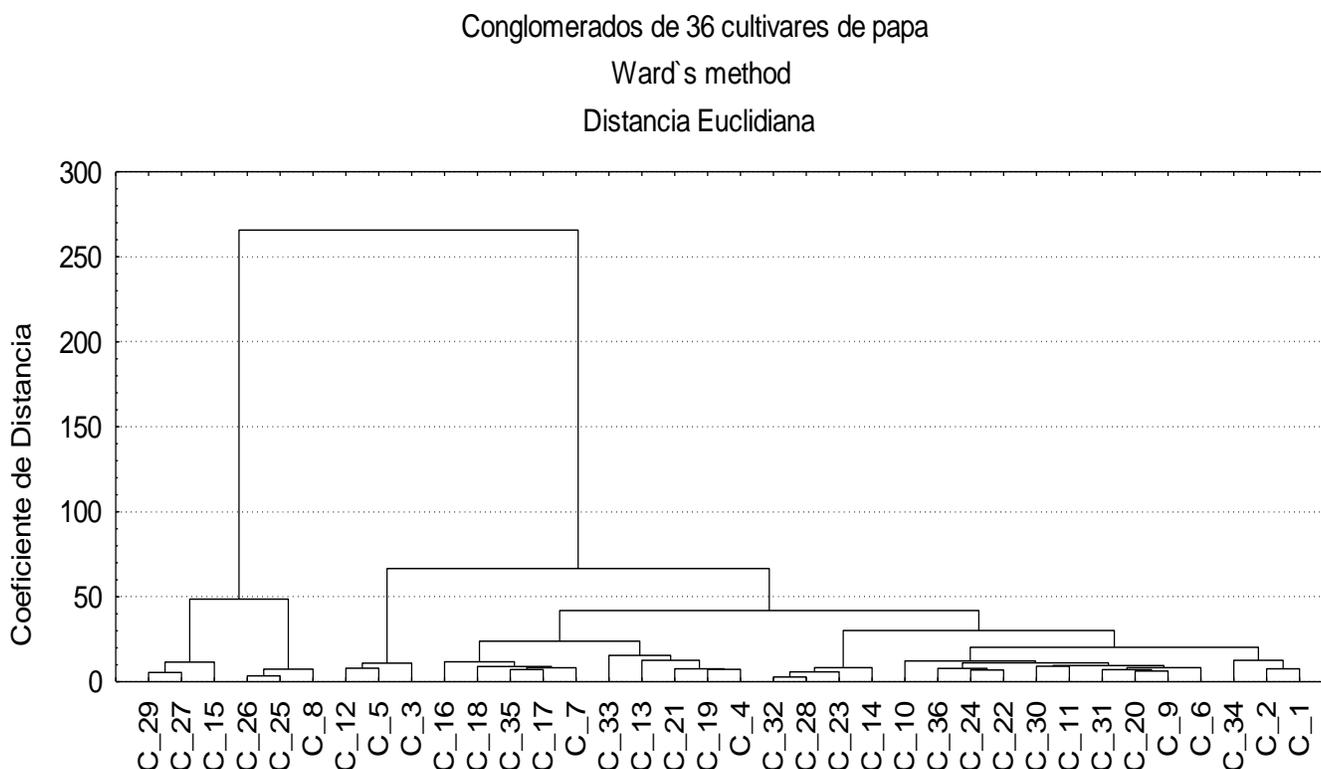
Fuente: el autor, (2010)

Como se puede observar en el mapa anterior, se muestra la forma como se ubican los diferentes cultivares de papa en el Municipio de Ixchian del Departamento de San Marcos, habiéndose ubicado en alturas comprendidas desde los 3,200 a 3,400 metros sobre el nivel del mar.

9.2. Análisis de Conglomerados (Cluster), de la localidad de Chemal I, Municipio de Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango.

Los resultados de la caracterización, se reflejan en la siguiente figura, donde se presenta el comportamiento de los cultivares de la localidad ubicado en Chemal I, Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango.

Figura 2. Fenograma para 36 cultivares del ensayo de Chemal I.

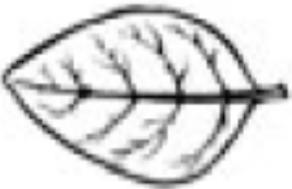


Fuente: Elaborado por el Autor, (2,011).

Se formaron 2 grandes grupos a un coeficiente de distancia euclidiana de 267, el primer grupo estuvo conformado por los cultivares C29 Atlantic, C27 FL 1867 y C26 Soloman proveniente de Ixchiuan San Marcos; los cultivares C15 ICTA Chiquirichapa, C25 Loman, proveniente de Climentoro Aguacatán; el cultivar C8 Loman Castillo, proveniente de Paquix Chiantla y, el segundo grupo conformado por el resto, al mismo tiempo se formaron 3 subgrupos con los siguientes cultivares; C1 Zaculeu, C13 Criolla Blanca proveniente de Climentoro Aguacatan; C4 Murca, C21 Morada ntigua, proveniente de las Vegas Siete Pinos Chiantla; C5 Toliman, C19 ICTA rosada, C20 ICTA roja, C17 Zanahoria, C18 Tollocan, C14 ICTA morada, C11 Criolla roja, C6 Anita, C5 Toliman, C3 ICTA frit blanca, C10 Tacana, C23 ICTA frit roja proveniente de Paquix Chiantla; C2 Mejorada mejorada, C7 Alaska, C12 Crema, C22 Mexicana, C24 Morada mejorada, C9 Punto rojo son provenientes de Aldea Bacu San Juan Ixcoy; los cultivares C36 Tacana SM, C32 ICTA, C33 Cuarentena, C30 Variedad X, C34 Mani, C31 Criolla X, C28 Lengua, C35 Atzimba son proveniente de Ixchiuan San Marcos.

Prosiguiendo con el análisis del Fenograma de la figura 2, en el gran grupo a un coeficiente de distancia de 267 se formaron 2 grupos, el primero conformado por 6 cultivares, el segundo grupo se conformó por un total de 30 cultivares y con 3 subgrupos siendo las características por las cuales se diferenciaron las que se presentan en el siguiente cuadro 12.

Cuadro 12. Características que diferenciaron al cultivar (C29, C27 y C15) del Grupo II

No	Características	Grupo I	Grupo II
1	Madurez del follaje	Muy precoz 67 dds	Precoz e intermedio > de 90 dds
2	Forma de ápice del foliolo terminal	Obtuso 	Con acumen largo 
3	Grado de floración	Ausente	Escaso y moderado
4	Color del tallo	Verde con muchas manchas pigmentadas 	Verde 
5	Forma de las alas	Recto y angosto 	Ondulada y angosto 
6	Color predominante de la piel del tubérculo	Amarillo 	Intensidad del color intermedio 
7	Forma del tubérculo	Esférico	Comprimido, el eje mayor es el más corto

Fuente: Elaborado por el Autor, (2011).

Al analizar los datos del cuadro anterior, se determinó una característica cuantitativa y 6 cualitativas marcaron la diferencia entre el grupo I y el grupo II, siendo los componentes que expresan la forma del ápice del foliolo terminal es obtuso, el grado de floración es ausente, el color del tallo es verde con muchas manchas pigmentadas, las formas de las alas es recta y angosta a ondulada, el color predominante de la piel del tubérculo es amarillo con intensidad intermedio y la forma del tubérculo es esférico y comprimido el eje mayor es el más corto.

Cuadro 13. Características que diferenciaron a los dos subgrupos formados en el grupo II, en el Análisis Cluster de papa (*Solanum tuberosum*) de Chemal I Todos Santos Cuchumatán.

No	Características	Grupo I	Grupo II
1	Longitud del pedúnculo	<p>El pedúnculo es mayor de 12 cm</p> 	<p>El pedúnculo es menor de 12 cm</p> 
2	Ubicación articulación pedicelo	<p>El pedicelo es bajo</p> 	<p>El pedicelo es muy alto</p> 

3	Color del pedicelo	<p>Totalmente pigmentada</p> 	<p>Ligeramente verde a lo largo</p> 
4	Forma de los lóbulos de cáliz y simetría	<p>Con mucrón corto</p> 	<p>Con mucrón largo</p> 
5	Color predominante de la flor	<p>Blanco y lila</p> 	<p>Morado, violeta, con intensidad de color claro, intermedio y oscuro</p> 
6	Forma de la corola	<p>Semiestrellada</p> 	<p>Pentagonal</p> 

Fuente: Elaborado por el Autor, (2011).

En los datos del cuadro anterior, se observa que el grupo 2 presentó el pedúnculo más largo, mayor número de bifurcación por planta y de flores por inflorescencia, como también presentó pedicelos más largos y la ubicación de la articulación del pedicelo es alto, con pedicelo verde, verde con articulación pigmentada, ligeramente pigmentada a lo largo, totalmente pigmentada, color del cáliz verde con muchas manchas pigmentadas mayormente pigmentada, la simetría del cáliz es simétrico, asimétrico (agrupados 2+3, 2+2+1), con mucrón corto y largo, la forma de la base de los lóbulos del cáliz son suavemente arqueado, ninguno sin o con costillas, la forma de la corola es estrellada, semiestrellada y pentagonal.

9.2.1. Análisis de Componentes Principales

Con base en la matriz básica de datos presentada en el cuadro 5, se realizó el análisis de componentes principales de dicha matriz, para lo cual se tomaron 44 características morfológicas.

Los valores propios, el porcentaje de variación y el porcentaje de variación acumulada, se muestran en el siguiente cuadro 14.

Cuadro 14. Valores propios y varianza acumulada de los dos componentes Principales de la parcela ubicada en Chemal I, Todos Santos Cuchumatán.

Componente principal	Valor propio	% Variación	Variación acumulada	% Acumulada
1	3.72918	99.219	35.719	99.219
2	0.15862	0.44062	35.877	99.660

Fuente: Elaborado por el Autor, (2011).

En el cuadro anterior, se puede observar, que los primeros dos componentes principales, son suficiente para explicar el 99.66 % de la variabilidad en los 36 cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L) caracterizados en la Aldea Chemal I, Todos Santos Cuchumatán del Departamento de Huehuetenango.

El porcentaje de variación indica la proporción de variabilidad con los 36 cultivares de papa evaluados, que está contenida o explicada por cada componente principal, lógicamente el componente principal uno, es el que explica la mayor variabilidad en comparación con el componente principal dos como se puede observar en el cuadro 13.

A continuación se presenta el cuadro 15 los valores propios de las variables o características que componen a cada componente principal.

Cuadro 15. Lista de los valores propios de los dos componentes principales del análisis de 44 variables en 36 cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) en Chemal I, Todos Santos Cuchumatán.

No.	Variable	Grupo I	Grupo II
1	Habito de crecimiento	-.192499	-1.11884
2	Altura de planta a la floración	-.101165	-.72379
3	Grado de floración	-.122984	.68918
4	Madurez follaje (dds)	6.449790	-.24044
5	Color del tallo	-.159530	-.37767
6	Forma de las alas del tallo	-.168237	-.18678
7	Numero de pares foliolos laterales primarios	-.082463	-.71840
8	Numero de pares de inter-hojuelas sobre el raquis principal	-.089240	-.50953
9	Número de pares de foliolos laterales secundarios sobre los peciolos	-.258354	-.15443
10	Sobre posición de foliolos laterales primarios	-.039105	-1.58812
11	Forma del ápice foliolo terminal	-.221063	-.84202
12	Forma base foliolo terminal	.012122	-1.13941
13	Angulo de divergencia entre la hoja y el tallo	.033982	-.88193
14	Longitud del pedúnculo	.045396	2.63758
15	Ramificación de la inflorescencia	-.147724	.77048
16	Ubicación de la articulación del pedicelo	-.065901	1.42785
17	Color del pedicelo	-.113612	1.31792
18	Color del cáliz	-.164356	.72490
19	Simetría del cáliz	-.232423	.04007
20	Forma de los lóbulos del cáliz	.086385	2.75941
21	Forma de la base de los lóbulos del cáliz	-.255171	-.13722
22	Forma de la corola	-.129832	.92351
23	Color predominante de la flor	-.068676	1.67568
24	Intensidad del color predominante de la flor	-.186083	.45691
25	Color secundario de la flor	-.263402	-.17288
26	Distribución de color secundario de la flor	-.202746	.37057
27	Tamaño de la flor	-.139328	.87989
28	Pigmentación de las anteras	.004740	2.04844
29	Exerción del estigma	-.241940	.01760
30	Color de los frutos	-.255171	-.13722
31	Forma del fruto	-.255171	-.13722
32	Color predominante de la piel del tubérculo	-.040534	-.26620
33	Intensidad del color predominante de la piel del tubérculo	-.143802	-.42771
34	Color secundario de la piel del tubérculo	-.290691	-.67754
35	Distribución del color secundario de la piel del tubérculo	-.296930	-.53670
36	Textura de la piel	-.191229	-.59141
37	Color predominante de la carne	-.212280	-.56354
38	Color secundario de la carne	-.295504	-.47463
39	Distribución del color secundario en la carne	-.291026	-.43433
40	Formas del tubérculo	-.106486	-1.64966
41	Formas raras	-.285835	-.41689
42	Profundidad de los ojos	-.050337	-.56312
43	Numero de ojos	-.128140	-.59273
44	Color predominante de brotes	-.143445	-.47966

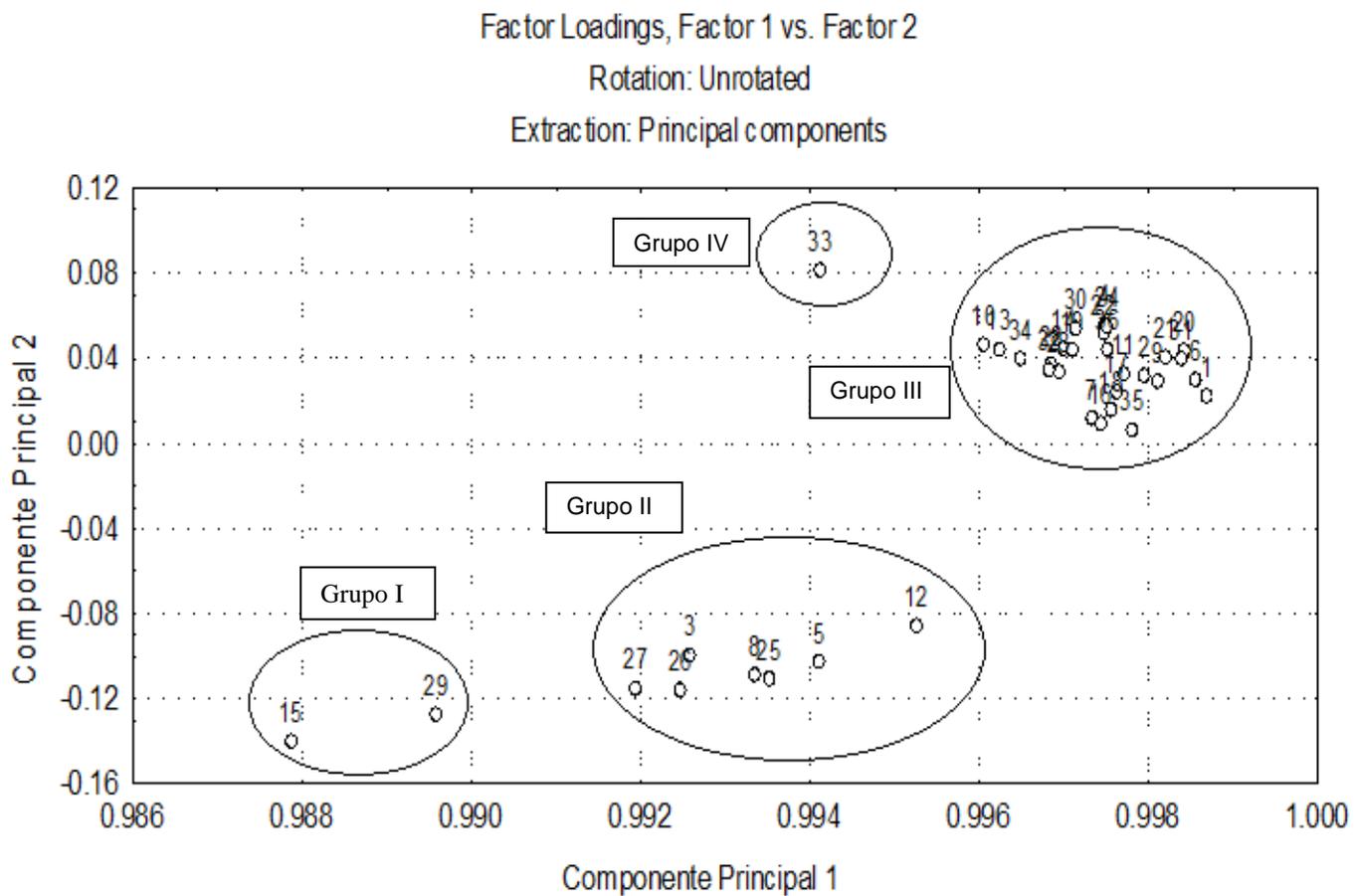
Fuente: Elaborado por el Autor, (2011).

Como se puede observar en el cuadro 15, las características que conforman el componente principal uno, y que mayor efecto ejerció sobre la variabilidad de los 36 cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) evaluados (99.21 % de la variación) fue: madurez del follaje, (correspondiente a los valores positivos del componente principal uno).

El segundo componente más importante (componente principal dos), que explicó 0.44 % de la variación (ver cuadro 15) de la variabilidad en los 36 cultivares de papa, está conformado por las variables: color predominante de la flor, pigmentación de anteras, longitud del pedúnculo, color del pedicelo y ubicación de la articulación del pedicelo.

A continuación en la figura 3, se muestra la gráfica de componentes principales, en la cual se muestran los cuatro grupos formados, producto de la caracterización morfológica.

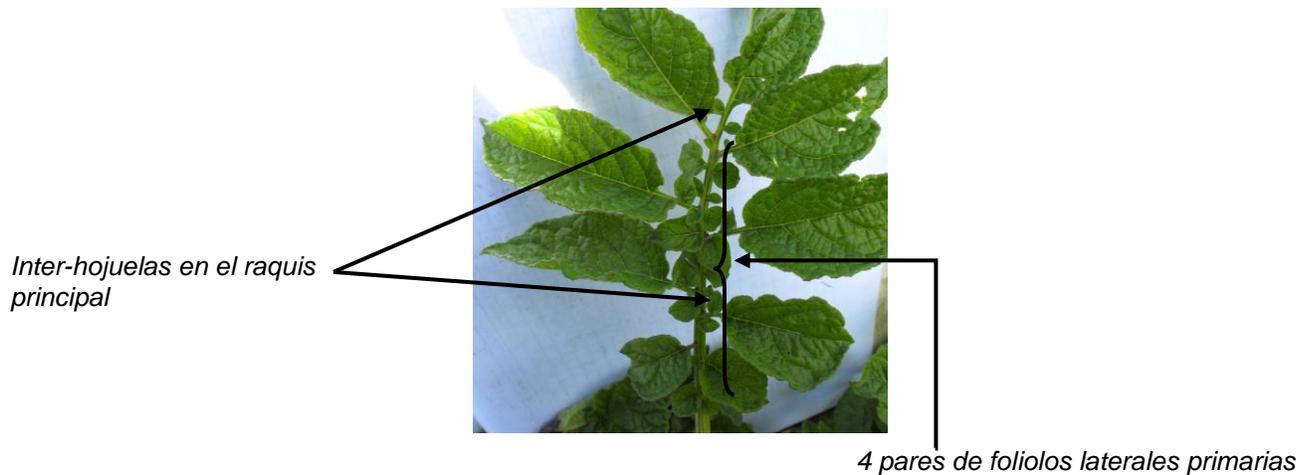
Figura 3. Distribución de 36 cultivares de papa según análisis de Componentes Principales en la Aldea Chemal I, Todos Santos Cuchumatán.



Fuente: Elaborado por el Autor, (2011).

Como es de observarse en la figura anterior, se formaron cuatro grupos, el primer grupo estuvo conformado por los cultivares aislados C15, C29, el segundo gran grupo se integró por un total de 7 cultivares, el tercer grupo por 26 cultivares y el cuarto grupo por el cultivar aislado C33.

El primer cultivar aislado C33 se diferenció del resto de los grupos, por presentar dos pares de hojas inter-hojuelas en el raquis principal, forma de la base del foliolo terminal esta en forma cuneado, el ejercicio del estigma es moderadamente exerto (2-5 mm), la profundidad de los ojos de los tubérculos es ligeramente profundo (2-4mm).



Por su parte el gran grupo (26 cultivares), se diferenció por su hábito de crecimiento es erecto, altura de la planta a la floración es corto, el grado de floración es moderado, la madurez del follaje es intermedia (120 a 149 días), el número de foliolos laterales primarias son de 3 a 4 pares, no tienen foliolos laterales secundarios sobre el peciolulos.



Habito de crecimiento erecto

En síntesis, se puede decir que las principales características que marcaron las diferencias de los cultivares aislados, para el cultivar C33 estuvo representado por el primer componente principal fue por presentar 2 números de pares de hojas interhojuelas en el raquis principal, forma de la base del foliolo terminal es de forma cuneado, la exorción del estigma es exerto, para el segundo cultivar aislado C15, C29 sus características correspondieron al segundo componente principal, siendo el grado de floración ausente, son cultivares que no florea.



Estigma moderadamente exerto

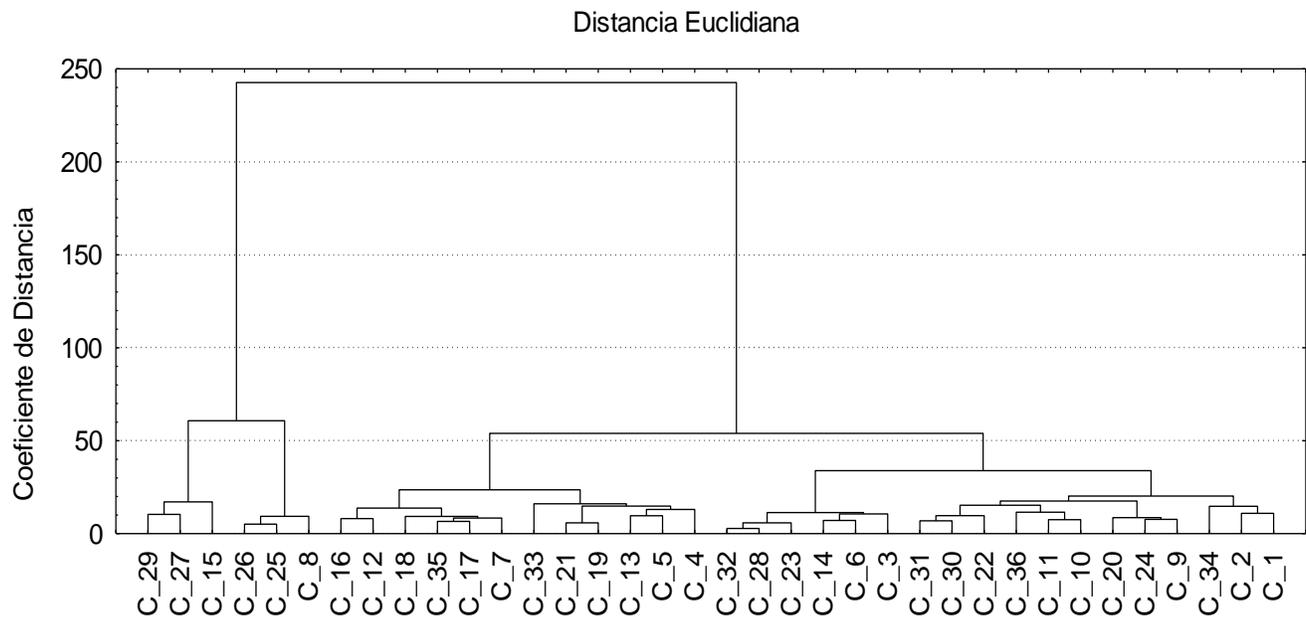


Estigma es exerto

9.3. Análisis de Conglomerados (Cluster), de la localidad de Climentoro, Aguacatán Huehuetenango.

Los resultados de la caracterización, se reflejan en la siguiente figura, donde se presenta el comportamiento de los cultivares, en el ensayo de Climentoro, Aguacatán, Huehuetenango.

Figura 4. Fenograma para 36 cultivares de papas colectadas del ensayo de Climentoro.



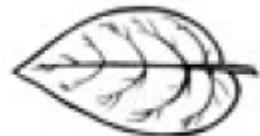
Fuente: Elaborado por el Autor, (2,011).

Se formaron dos grandes grupos a un coeficiente de distancia de 243, el primer grupo estuvo conformado por los cultivares C29, C27, C15, C26, C25, C8, el segundo grupo formaron por treinta (30) cultivares y dos subgrupos.

Como se puede observar en la figura anterior, a un coeficiente de distancia de 243, el primer grupo fue formado por los cultivares (C29 Atlantic, C27 FL 1867, C26 Soloman) proveniente de Ixchiuan del departamento de San Marcos, el cultivar (C15 ICTA Chiquirichapa, C25 Loman) provenientes de Climentoro del Municipio de Aguacatán y el cultivar (C8 Loman castillo) proveniente de Paquix Chiantla Huehuetenango y, el segundo grupo conformado por el resto, al mismo tiempo se formaron 4 subgrupos con los siguientes cultivares; C1 Zaculeu, C13 Criolla blanca proveniente de Climentoro Aguacatan; C4 Murca, C21 Morada antigua, proveniente de las Vegas Siete Pinos Chiantla; C5 Toliman, C19 ICTA rosada, C20 ICTA roja, C17 Zanahoria, C18 Tollocan, C14 ICTA morada, C11 Criolla roja, C6 Anita, C5 Toliman, C3 ICTA frit blanca, C10 Tacana, C23 ICTA frit roja proveniente de Paquix Chiantla; C2 Mejorada mejorada, C7 Alaska, C12 Crema, C22 Mexicana, C24 Morada mejorada, C9 punto rojo, son provenientes de Aldea Bacu San Juan Ixcoy; los cultivares C36 Tacana SM, C32 ICTA, C33 Cuarentena, C30 Variedad X, C34 Mani, C31 Criolla X, C28 Lengua, C35 Atzimba son proveniente de Ixchiuan San Marcos.

Siendo las características que marcaron la diferencia, lo que se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 16. Características que diferenciaron el grupo I (C29, C27, C26, C15, y C8) del Grupo II.

No	Características	Grupo I	Grupo II
1	Madurez del follaje	Muy precoz (90 a119 días)	Intermedia (120 a 149 días)
2	Sobre posición de los folíolos laterales primarias	Son unidos 	Separadas 
3	Forma de la base del folíolo terminal	Redondeado 	Desigual asimétrico 
4	Forma de ápice del folíolo terminal	Obtuso 	Con acumen largo 
5	Grado de floración	Ausente	Moderado, profuso

6	Color del tallo	Verde con muchas manchas pigmentadas 	Verde 
7	Forma de las alas	Recto y angosto 	Ondulada y angosto 
8	Intensidad del color predominante de la piel del tubérculo	Intermedio	Claro, intermedio
9	Color predominante de la piel del tubérculo	Amarillo 	Intensidad del color intermedio 
10	Forma del tubérculo	Esférico	Comprimido, el eje mayor es el más corto

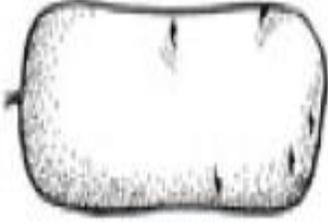
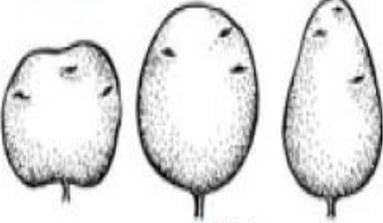
Fuente: Elaborado por el Autor, (2011).

Al analizar los datos del cuadro anterior, se determinó en forma general, una característica cuantitativa a lo que se refiere los días de madurez del follaje muy precoz y 9 cualitativas marcaron la diferencia entre el primer grupo y el segundo grupo, siendo los componentes que expresaron; la sobre posición de los folíolos laterales primarias son muy unidos, la forma del ápice del folíolo terminal es obtuso, el grado de floración es ausente, el color del tallo es verde con muchas manchas pigmentadas, las formas de las alas es recto y angosto a ondulada y angosto, la intensidad del color predominante de la piel del tubérculo es intermedio, el color perdonante de la piel del tubérculo es amarillo con intensidad intermedio y la forma del tubérculo es esférico y comprimido en el eje mayor es más corto.

Prosiguiendo con el análisis del Fenograma de la figura cuatro (4), en el gran grupo a un coeficiente de distancia de 243 se formaron dos grupos, el primero conformado por los cultivares (C29, C27, C26, C15, y C8), respectivamente; mientras que el segundo grupo se conformó por un total de 31 cultivares, siendo las características por las cuales se diferenciaron las que se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 17. Características que diferenciaron a los dos grupos formados en el análisis Cluster de papa (*Solanum tuberosum*) de Climentoro, Aguacatán Huehuetenango.

No.	Variable	Grupo I	Grupo II
1	Numero de pares inter-hojuelas en raquis principal	<p>Hay un par de hojas</p> 	<p>No tiene inter-hojuelas</p> 
3	Sobre posición de folíolos laterales primarios	<p>Sobre puesto</p> 	<p>Unidos</p> 
5	Longitud del pedúnculo	<p>Mayor de 12 cm</p> 	<p>Menor de 12 cm</p> 
6	Ubicación de la articulación del pedicelo	<p>Mediano</p> 	<p>Alto</p> 

7	Color del pedicelo	<p>Totamente pigmentada</p> 	<p>Ligeramente verde a lo largo</p> 
8	Color del cáliz	<p>Mayormente pigmentada</p> 	<p>Verde con articulación pigmentada</p> 
9	Color predominante de la flor	<p>Lila</p> 	<p>Morada y vileta con intensidad intermedia</p> 
10	Formas del tubérculo	<p>Largo oblongo</p> 	<p>Comprimido, esférico, ovoide.</p> 

Fuente: Elaborado por el Autor, (2011).

En los datos del cuadro anterior, se observa que el grupo dos presentó número de pares de inter-hojuelas en el raquis principal, la sobre posición de la hojas es separadas, el ángulo de divergencia es de 40⁰ a 60⁰, la longitud del pedúnculo es largo, la ubicación de la articulación del pedicelo es alta, el color del pedicelo es ligeramente pigmentado a lo largo y en la articulación y, totalmente pigmentada, el color del cáliz es rojiza entre mayormente pigmentado y pigmentado con muchas manchas verdes, el color predominante de la flor es lila, morada y violeta con intensidad del color predominante de la flor es intermedio, pigmentación en las anteras es mayor o totalmente pigmentadas y la forma de los tubérculos es comprimido, esférico, ovoide.

9.3.1. Análisis de Componentes Principales

Con base en la matriz básica de datos presentada en el cuadro 5, se realizó el análisis de componentes principales, de dicha matriz se tomaron 46 características morfológicas.

Los valores propios, el porcentaje de variación y el porcentaje de variación acumulada, se muestran en el siguiente cuadro 18.

Cuadro 18. Valores propios y varianza acumulada de los dos componentes Principales de la parcela de Climentoro, Aguacatán Huehuetenango.

Componente principal	Valor propio	% Variación	Variación acumulada	% Acumulada
1	35.7114	99.19835	35.7114	99.1983
2	0.093	0.2537	35.8027	99.4520

Fuente: Elaborado por el Autor, (2011).

En el cuadro anterior, se puede observar que los primeros dos componentes principales, son suficientes para explicar el 99.45 % de la variabilidad en los 36 cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) caracterizados en la Aldea Climentoro Aguacatán del departamento de Huehuetenango.

El porcentaje de variación indica la proporción de variabilidad con los 36 cultivares de papa evaluados, que está contenida o explicada por cada componente principal, lógicamente el componente principal uno, es el que explica la mayor variabilidad en comparación con el componente principal dos como se observa en el cuadro 17.

A continuación se presenta el cuadro 19 los valores propios de las variables o características que componen a cada componente principal.

Cuadro 19. Lista de los valores propios de los dos componentes principales del análisis de 46 variables en 36 cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) en el ensayo de Climentoro Aguacatán Huehuetenango.

No.	Variable	Grupo I	Grupo II
1	Habito de crecimiento	-.220035	-1.17908
2	Altura de planta a la floración	-.095210	-.48790
3	Grado de floración	-.126892	.68533
4	Madurez follaje (dds)	6.583083	-.43114
5	Color del tallo	-.157674	-.15360
6	Forma de alas del tallo	-.129042	-.20400
7	Numero de pares de foliolos laterales primarios	-.077998	-.65997
8	Numero de pares inter-hojuelas en raquis principal	-.050199	-1.01580
9	Numero de pares foliolos laterales secundarios	-.258896	-.02797
10	Sobre posición de foliolos laterales primarios	-.109673	-1.14408
11	Formas del foliolo terminal	-.253989	-.51514
12	Forma del ápice foliolo terminal	-.234882	-.69847
13	Forma de la base del foliolo terminal	.029867	-.55065
14	Forma del primer foliolo lateral	-.253989	-.51514
15	Angulo de divergencia entre la hoja y el tallo	.055059	-1.57862
16	Longitud del pedúnculo	.201960	3.79593
17	Ramificación de la inflorescencia	-.094013	.94637
18	Ubicación de la articulación del pedicelo	-.001010	1.03645
19	Color del pedicelo	-.043695	1.42731
20	Color del cáliz	-.114182	1.10178
21	Simetría del cáliz	-.254832	-.19923
22	Forma de los lóbulos del cáliz	.171600	1.93885
23	Forma de la base de los lóbulos del cáliz	-.261550	-.17615
24	Forma de la corola	-.128663	.39271
25	Color predominante de la flor	-.038402	1.88187
26	Intensidad del color predominante de la flor	-.182449	.11149
27	Color secundario de la flor	-.270966	.00211
28	Distribución de color secundario de la flor	-.215207	.29564
29	Tamaño de la flor	-.121723	.60974
30	Pigmentación en las anteras	.080011	1.52957
31	Exerción del estigma	-.208911	.19969
32	Color de los frutos	-.261550	-.17615
33	Forma del fruto	-.251863	-.01884
34	Color de la piel del tubérculo	-.054751	-.30412
35	Intensidad del color predominante de la piel del tubérculo	-.160283	-.14946
36	Color secundario de la piel del tubérculo	-.310393	-.50973
37	Distribución del color secundario de la piel del tubérculo	-.316860	-.47029
38	Textura de la piel del tubérculo	-.208800	-.50275
39	Color predominante de la carne del tubérculo	-.230294	-.49129
40	Color secundario de la carne del tubérculo	-.315433	-.44053
41	Distribución del color secundario en la carne del tubérculo	-.310868	-.41068
42	Formas del tubérculo	-.122012	-2.07162
43	Formas raras de tubérculo	-.305570	-.32101
44	Profundidad de los ojos de los tubérculos	-.064618	-.30348
45	Numero de ojos de los tubérculos	-.144266	.03690
46	Color predominante de brotes	-.159939	-.28487

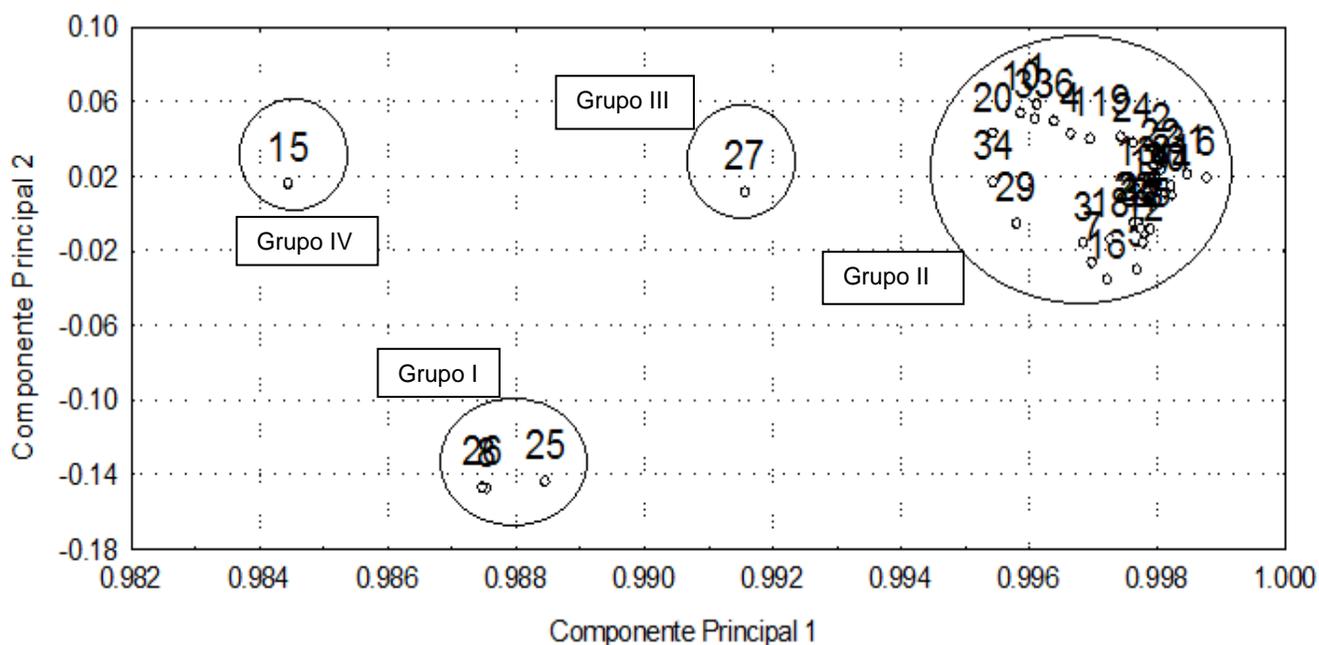
Fuente: Elaborado por el Autor, (2011).

Como se puede observar en el cuadro 19, las características que conforman el componente principal uno, ejerció mayor efecto sobre la variabilidad de los 36 cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) evaluados (99.19 % de la variación) fue: madurez del follaje.

El segundo componente más importante (componente principal dos), que explicó 0.25 % de la variación (ver cuadro 18) de la variabilidad en los 36 cultivares de papa, está conformado por las variables: longitud del pedúnculo, ubicación de la articulación del pedicelo, color del pedicelo, color del cáliz, formas de los lóbulos del cáliz y, color predominante de la flor (ver cuadro 17).

A continuación en la figura 5, se muestra la gráfica de componentes principales, en la cual se muestran los cuatro grupos formados, producto de la caracterización morfológica.

Figura 5. Distribución de 36 cultivares de papa según análisis de Componentes Principales del ensayo en la Aldea Climentoro Aguacatán Huehuetenango.



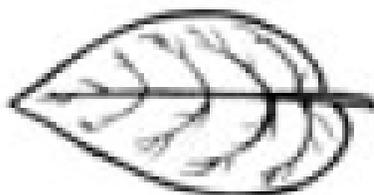
Fuente: Elaborado por el Autor, (2011).

Como es de observarse en la figura anterior, se formaron cuatro grupos, el primer grupo estuvo conformado por C26, C8, C25, el segundo gran grupo se integró por un total de 31 cultivares, el tercer grupo por el cultivar aislado C27 y, el cuarto grupo por el cultivar aislado C15. El primer cultivar aislado C15 se diferenció del resto de los grupos, por presentar altura de la planta es intermedio, el madurez del follaje es precoz, el ángulo de divergencia entre la hoja y el tallo es serrado de 30 a 45 grados, la intensidad del color predominante de la flor es lila intermedia, lo más relevante es la distribución del color secundario de la flor esta en bandas en ambas lados de la flor.



Bandas en ambos lados de la flor

El segundo cultivar aislado C27, se diferenció de los grupos por; el grado de floración es moderado, el madurez del follaje es muy precoz, la forma de la base del foliolo terminal es desigual o asimétrico.



Forma de la base del foliolo terminal es desigual o asimétrica.

Por su parte el gran grupo (31 cultivares), se diferenció por su hábito de crecimiento es erecto, altura de la planta a la floración es corto, el grado de floración es moderado, el madurez del follaje es intermedia (120 a 149 días), el número de foliolos laterales primarias son de 3 a 4 pares, no tienen foliolos laterales secundarios sobre el peciolulos, y la forma del ápice del foliolo terminal es con acumen largo (> 2mm).

En síntesis podemos decir que las principales características que marcaron las diferencias de los cultivares aislados, para el cultivar C15, C27 estuvo representado por el primer componente principal fue; por presentar hábitos de crecimiento erecto, la altura de la planta a la floración es corto, el madurez del follaje es muy precoz, el ángulo de divergencia es de 40 a 50 grados, no tienen foliolos laterales secundarios sobre el peciolulos.

Como análisis de las dos localidades, el ensayo que se estableció en Chemal I, Todos Santos Cuchumatan, en el segundo componente más importante (componente principal dos), que explicó 0.44 % de la variación de la variabilidad en los 36 cultivares de papa, está conformado por las variables: color predominante de la flor que son color lila fuerte y pálido, pigmentación de anteras totalmente pigmentadas, longitud del pedúnculo es mayor de 12 cm, color del pedicelo e mayormente pigmentada y ubicación de la articulación del pedicelo es alta.

En comparación del ensayo que se estableció en Climentoro Aguacatán, el segundo componente más importante, que explicó 0.25 % de la variación de la variabilidad en los 36 cultivares de papa, está conformado por las variables: longitud del pedúnculo mayor de 12 cm, ubicación de la articulación del pedicelo es alto, color del pedicelo mayormente pigmentado, color del cáliz pigmentado, formas de los lóbulos del cáliz con mucrón largo y, color predominante de la flor es lila intensa y pálida.

En las dos localidades establecidas, fueron diferentes los resultados de las características morfológicas, en el caso del cultivar C6 en la localidad de Chermal I, aparecen en el grupo II, del subgrupo II, del conjunto II, mientras en la localidad de Climentoro Aguacatán, aparecen en el grupo II del subgrupo II, del conjunto I. Las características principales fueron; en la localidad de Chermal I, la forma de las alas del tallo fue recta y angosta, mientras en la localidad de Climentoro fue ondulada y ancho (> de 2mm).



Forma de las alas del tallo ondulada y ancha.



Forma de las alas del tallo es recta y angosta

Otra característica del cultivar C6 fue; número de pares de inter-hojuelas sobre el raquis principal, en la parcelas de Chermal I se presentaron 3 pares, mientras que en la parcela establecido en Climentoro se presentaron 5 pares, esto pudiera ser a la altitud en Chermal I es más alto que en la localidad de Climentoro.

9.4. Variabilidad genotípica

9.4.1. Análisis de datos

A partir de los patrones de bandas visualizados en los geles se codificó la información alélica en una matriz de ausencia y presencia, la cual fue utilizada para análisis de similaridad y de correspondencia en NTSYS-pc 2.02c (Rohlf 1992). Se utilizó el subprograma SIMQUAL para crear una matriz de distancias genéticas con coeficiente de Dice. Esta matriz se utilizó en el subprograma SAHN para realizar un análisis de conglomerados y construir un dendrograma basado en el método de agrupamiento UPGMA y visualizarlos con el subprograma TREE PLOT. Con el subprograma CORRESP se construyó un diagrama en tres dimensiones mostrando la distribución de las accesiones en el espacio.

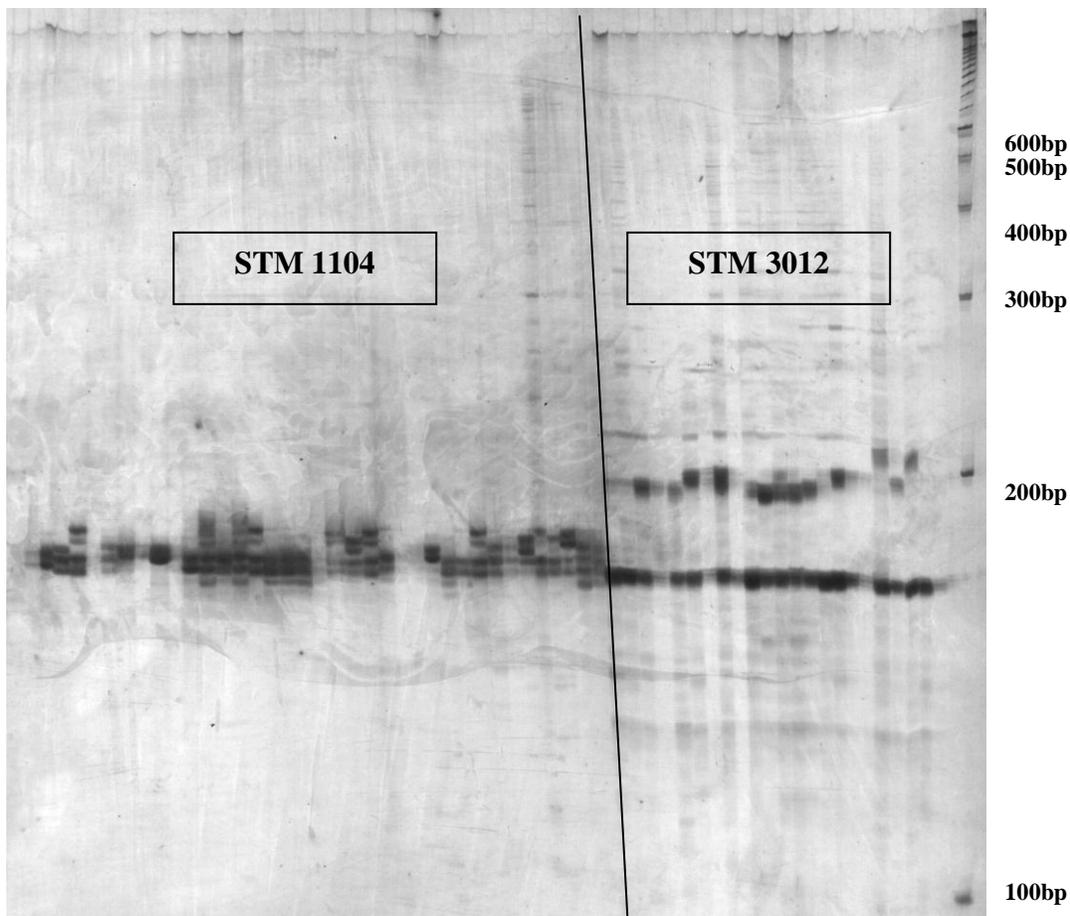
La diversidad genética entre los grupos identificados en el dendrograma basada en distancias genéticas de Nei (Nei 1978) se calculó utilizando el programa POPGENE versión 1.32 (Yeh *et al.* 1997). El análisis estadístico se realizó en los módulos DOMINANT DATA ANALYSIS- DIPLOID DATA- SINGLE POPULATIONS AND MULTIPLE POPULATIONS. Los parámetros de diversidad genética determinados fueron: porcentaje de loci polimórficos, frecuencias alélicas, índices de diferenciación genética (G_{ST}), y flujo genético (N_m).

Otros parámetros generados este mismo programa para cuantificar el grado de diferenciación entre y dentro de los grupos fueron: identidad genética (I), distancia genética de Nei (GD) y dendrograma UPGMA para representar las distancias genéticas entre grupos.

Cuadro 20. Número de alelos amplificados por microsatélite utilizado

Asignación	Número de alelos/ (monomórfico/polimórfico)
STM3023a	1/monomórfico
STM0030	1/monomórfico
STM2030	1/monomórfico
STM1064	1/monomórfico
STM1058	3/polimórfico
STPoAc58	2/polimórfico
STM1104	6/polimórfico
STM3012	7/polimórfico
StI019	10/polimórfico
St020	5/polimórfico
Total	37 alelos/ (4monomórficos/33polimórficos)

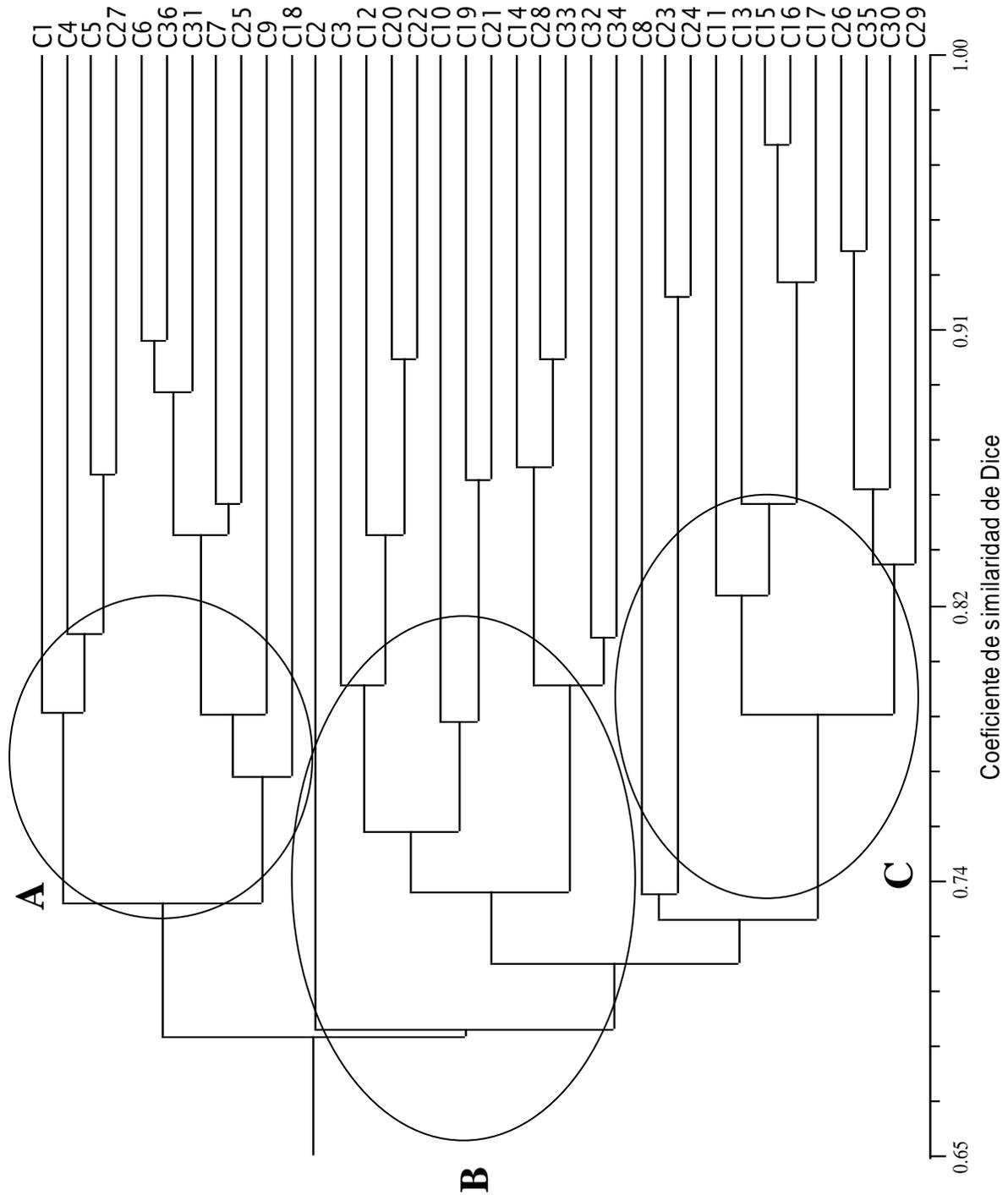
Figura 6. Patrones de segregación de tres microsatélites amplificados en varios materiales de la colección mostrando los alelos visualizados en gel de poliacrilamida y tinción en plata.



Fuente: ICTA 2011.

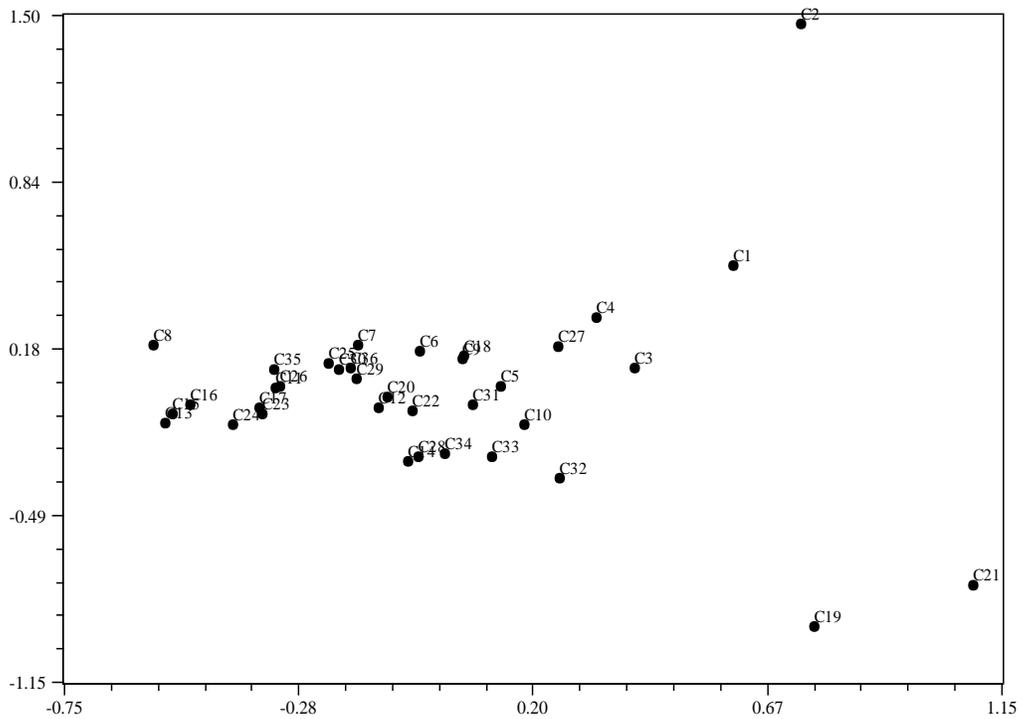
Figura 7. Dendrograma mostrando la relación entre las muestras de la colección de papa basada en el coeficiente de similitud de Dice para diez marcadores microsatélites.

Los grupos formados están señalados con círculos y letras (A-C).

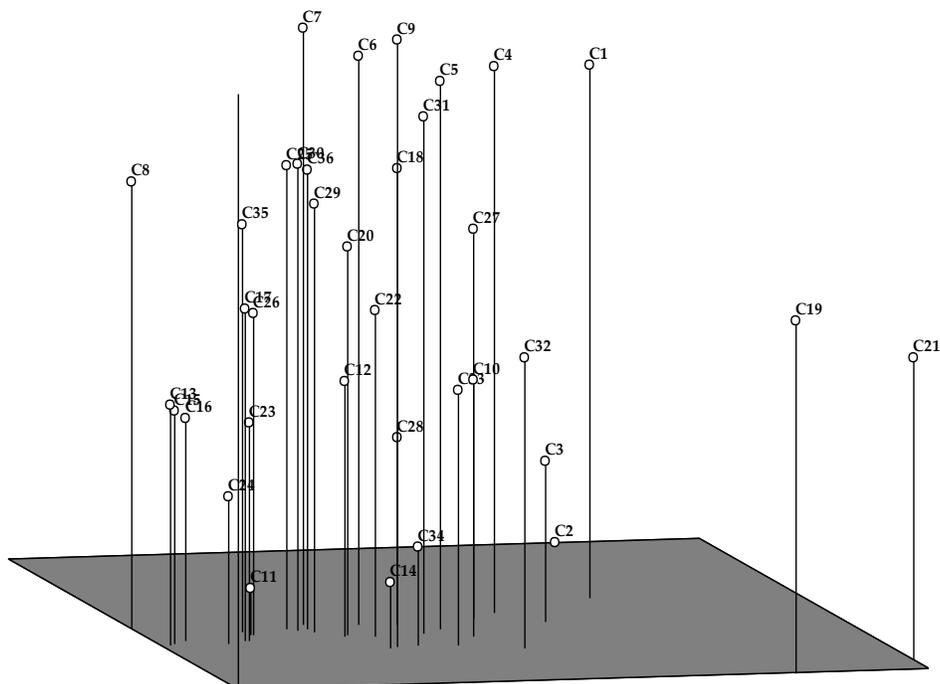


Fuente: ICTA 2011.

Figura 8. Análisis de correspondencia en dos y tres dimensiones mostrando la relación entre los materiales de la colección de papa con base en los datos de diez marcadores microsatélites. La identificación de los materiales corresponde al orden correlativo.



Fuente: ICTA 2011.



Fuente: ICTA 2011.

Cuadro 21. Parámetros de diversidad genética para los grupos identificados en el análisis de agrupamientos de la colección de papa (A-C).

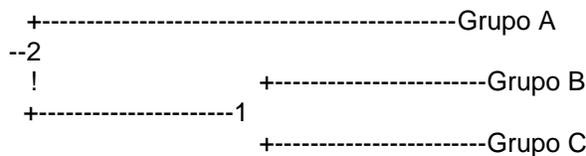
Grupo	N	P	%	Nei	H _T	H _s	G _{ST}	Nm
A	11	18	48.65	0.1433				
B	13	26	70.27	0.1738				
C	12	18	48.65	0.1640				
TOTAL	36	30	81.08	0.1963	0.1962	0.1604	0.1825	2.2394

Fuente: ICTA 2011

Abreviaciones: Número de genotipos (N), número de loci polimórficos (P), porcentaje de loci polimórficos (%), diversidad genética según Nei (1978), diversidad genética total (H_T), diferenciación genética (G_{st}) y flujo genético (Nm).

Cuadro 22. Identidad genética (I) y distancia genética (GD) calculadas según Nei (1978) para los tres grupos identificados dentro de la colección de papa (A-C).

Grupo	A	B	C
A	****	0.9233	0.9253
B	0.0798	****	0.9601
C	0.0776	0.0407	****



Fuente: ICTA 2011

En este análisis cada microsatélite fue tratado como un alelo. Los genotipos fueron marcados como 1 para presencia y 0 para ausencia. El número de alelos tuvo un número variable para cada loci microsatélite y siempre fue menor al reportado en estudios de diversidad realizados a colecciones de papa provenientes de localidades dentro y cerca del centro de origen de este cultivo (Perú, Ecuador y Bolivia) (Ghislain *et al.* 2004; Feingold *et al.* 2005). Debido a la naturaleza poliploide de la papa (tetraploide para el caso de *Solanum tuberosum* L.), los efectos de dosis de cada alelo (simple, doble o triple) no pudo ser diferenciado. Por lo tanto, a pesar de la codominancia de los marcadores microsatélites, los alelos son analizados como marcadores dominantes, ya que la frecuencia alélicas no puede ser contada como en las especies diploides (Zhang *et al.* 2000).

La diversidad genética de Nei fue 0.1963 para toda la colección. La diferenciación genética entre grupos fue 0.1825. Esto indica que el 18.25% de la diversidad total se debe a la diferenciación que formó los grupos identificados. Dentro de cada grupo los genotipos tienen una diferenciación que contribuye al 81.75% del total. En otras palabras, la diversidad genética obtenida se debe principalmente a las diferencias que hay entre los genotipos y no entre los grupos formados porque los genotipos no son muy variables entre sí. De hecho, los grupos se forman con un 70.00% de similitud. Sólo un 30.00% de su genoma muestra diferencias. Un parámetro que explica la alta similitud en el cultivo de la papa es el flujo genético, el cual tuvo un valor alto en este análisis (mayor a 1.0000). Esto indica que en el sistema se sobrepasan los efectos de la deriva genética, lo que impide la diferenciación entre grupos. Como se puede ver en el Cuadro 22, los valores de identidad genética son muy altos y los grupos son cercanos entre sí. Esto coincide con el tipo de reproducción que se da en la papa.

9.5. Cultivares promisorios en base a componentes de rendimientos.

9.5.1. Parcelas de ensayo establecido en Aldea Climentoro, Aguacatán, Huehuetenango.

El resultado de los componentes de rendimientos, se tomaron los datos; número de tubérculos por cada parcela, peso del total de los tubérculos, numero de tubérculos por categoría y su peso, y el peso de 100 tubérculos de cada material.

Cuadro 23. Datos de resultados de cosecha realizada en Climentoro, Aguacatán Huehuetenango.

Entrada	Variedad	primera		segunda		tercera		rechazo		total tubérculo	# tubérculos/planta	peso total/kg	No. Plantas cosechadas	Rendimiento Kg/ha	peso 100 tubérculos kg
		No. Tubérculo	peso kg												
101A	Zaculeu	66	9.88	109	4.14	47	0.45	3	0.36	225	11	14,83	20	27462,96	9,50
	Mejorada		11.7												
102A	Mejorada	104	9	120	5.49	57	0.63	6	3.62	287	14	21,53	20	39870,37	10
103A	Icta Frit blanco	38	2.78	86	2.45	48	0.45	23	1.27	195	10	6,95	20	12870,37	7,5
104A	Murca	41	5.80	64	3.35	24	0.36	24	1.36	153	8	10,87	20	20129,63	9
105A	Tolimán	67	9.88	40	1.72	22	0.41	0	0	129	7	12,01	18	22240,74	14
106A	Anita	39	5.62	38	2.17	18	0.36	5	0.36	100	5	8,51	20	15759,26	9,5
107A	Alaska	10	1.27	137	6.35	68	0.77	0	0	215	11	8,39	19	15537,04	9
108A	Loman castillo	16	0.99	40	2.54	39	0.49	66	0.45	161	9	4,47	18	8277,78	7,5
109A	Punto Rojo	31	3.99	175	8.25	59	0.81	29	0.90	294	15	13,95	20	25833,33	8
110A	Tacana	44	7.71	84	5.05	52	0.72	0	0	180	9	13,48	20	24962,96	8
111A	Criolla Roja	0	0	15	0.05	67	0.45	0	0	82	4	0,5	20	925,93	2,5
112A	Crema	54	4.89	157	6.30	17	0.22	0	0	228	11	11,41	20	21129,63	9,5
113A	Criolla Blanca	0	0	6	3.17	51	0.58	0	0	57	3	3,75	20	6944,44	2,5
114A	ICTA morada	34	2.54	164	4.53	205	2.08	54	0.45	457	23	9,6	20	17777,78	5
	ICTA														
115A	Chiquirichapa	34	3.35	69	2.63	32	0.54	23	0.49	158	9	7,01	18	12981,48	12
116A	loman Diaz 71	63	6.86	117	4.72	17	0.22	0	0	197	10	11,8	20	21851,85	11,5
117A	Zanahoria	9	1.27	19	1.08	8	0.22	0	0	36	3	2,57	14	4759,26	8,5
118A	Tollocan	33	5.35	115	6.07	17	0.14	0	0	165	8	11,56	20	21407,41	11
119A	ICTA Rosada	0	0	52	1.81	41	0.49	0	0	93	5	2,3	20	4259,26	5,5
120A	ICTA Roja	22	3.08	155	8.07	51	0.63	0	0	228	11	11,78	20	21814,81	8,5
121A	Morada Antigua	0	0	33	0.96	23	0.40	0	0	56	3	1,36	20	2518,52	5,5
122A	Mexicana	19	4.08	135	7.71	35	0.45	9	0.77	198	10	13,01	20	24092,59	8
123A	ICTA Frit roja	25	2.17	157	4.89	190	0.96	11	0.06	383	19	8,08	20	14962,96	7,5
	Morada														
124A	mejorada	31	4.08	120	4.89	64	0.49	0	0	215	11	9,46	20	17518,52	8,25
125A	loman	14	0.52	37	1.22	43	0.49	57	0.45	151	8	2,27	19	4203,70	6,5
126B	soloman	34	2.32	71	2.90	46	0.49	38	0.05	189	9	5,76	20	10666,67	10
127B	FL 1867	11	0.95	51	2.26	17	0.05	4	0.06	83	5	3,32	18	6148,15	9
128B	lengua	25	2.63	157	5.80	65	0.63	5	0.22	252	13	9,28	19	17185,19	6
129B	atlantic	0	0	38	1.36	22	0.04	15	0.41	75	4	1,81	20	3351,85	4,5
130B	variedad x	7	0.51	100	3.99	65	0.90	0	0	172	10	5,4	17	10000,00	8,5
131B	criolla x	5	0.82	115	5.17	80	1.27	7	0.18	207	10	7,44	20	13777,78	7
132B	ICTA	40	3.63	120	4.62	50	0.45	7	0.45	217	11	9,15	20	16944,44	6,25
133B	cuarentena	0	0	16	0.54	40	0.06	0	0	56	3	0,6	20	1111,11	3,75
134B	mani	0	0	110	3.81	400	4.08	245	0.45	755	37	8,34	20	15444,44	5
135B	Atzimba	11	1.27	120	4.49	69	0.72	0	0	200	10	6,48	20	12000,00	10
	Tacana San														
136B	Marcos	20	2.26	82	3.49	53	0.81	3	0.18	158	8	6,74	20	12481,48	9

Fuente: El Autor, (2010).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Cuadro 23, se puede apreciar el comportamiento en cuanto a producción que obtuvieron los 36 cultivares de papas caracterizados, habiéndose analizado para la selección de los cultivares promisorios, las variables de: número de tubérculos por planta, peso de 100 tubérculos (kilogramos.) y el rendimiento (kilogramos por hectárea.).

El parámetro de control, consistió en la sumatoria de la desviación estándar y la media aritmética, cuyo valor se comparó tanto con el número de tubérculos por planta, el peso de 100 tubérculos y el rendimiento expresado en kilogramos por hectárea; siendo los cultivares considerados como promisorios los que se presentan en el siguiente Cuadro 24.

Cuadro 24. Análisis de rendimiento de los materiales.

Entrada	Variedad	# tubérculos/planta	Rendimiento Kg/ha	peso 100 tubérculos kg
101A	Zaculeu	11	27462,96	9,50
102A	Mejorada Mejorada	14	39870,37	10
105A	Tolimán	7	22240,74	14
109A	Punto Rojo	15	25833,33	8
110A	Tacana	9	24962,96	8
114A	ICTA morada	23	17777,78	5
115A	ICTA Chiquirichapa	9	12981,48	12
116A	Ioman Diaz 71	10	21851,85	11,5
118A	Tollocan	8	21407,41	11
122A	Mexicana	10	24092,59	8
123A	ICTA Frit roja	19	14962,96	7,5
134B	mani	37	15444,44	5

Desviación estándar	6,33	8654,08	2,56
Media	9,92	14700,10	7,87
Σ	16,00	23354,18	10,43

Fuente: El Autor, (2010).

Analizando el cuadro 24, podemos establecer que los cultivares de papa sobresalieron de un total de 12 considerados como promisorios de los 36 materiales recolectada en la Sierra de los Cuchumatanes.

Se puede observar que los cultivares C14 (ICTA morada), C23 (ICTA frit roja) y C34 (Maní), obtuvieron un número de tubérculos por planta por arriba del parámetro de control establecido (16 tubérculos); lo que hace pensar que éstos cultivares son buenos rendimientos, lo cual también se evidenció en su rendimiento por arriba de los 23,354.18 kg/ha. Dos de los cultivares fueron recolectada en la Sierra de los Cuchumatanes (C14, C23), y uno de ellos fue recolectada en San Marcos (C34).

Así mismo, se puede apreciar en el Cuadro 24, que los cultivares C5 (Tolimán), C15 (ICTA Chiquirichapa), C16 (Loman Díaz 71) y C18 (Tollocan) reportaron los mayores pesos en kilogramos a partir de 100 tubérculos, los cuales estuvieron por arriba del parámetro de control establecido (10 kg.), y que a su vez manifestaron una relación en el rendimiento (kg/ha). La mayoría de estos cultivares fueron recolectadas en la Sierra de los Cuchumatanes, específicamente en la comunidad de Paquix, del Municipio de Chiantla.

Los cultivares que tuvieron mayor rendimiento en cuanto a Kg/ha fueron los siguientes materiales; C1 (Zaculeu), C2 (Mejorada Mejorada), C9 (Punto rojo), C10 (Tacana), y C22 (Mexicana) con una producción por arriba de los 23,354.18 kg/ha.

Por lo tanto, se concluye que éstos siete cultivares se les pueden hacer estudios de mejoramiento genético, básicamente en cuanto a realizar evaluaciones de distanciamientos de siembra, programas de fertilización, estabilidad genética, resistencia a plagas y enfermedades.

Así mismo, no se deben descartar el resto de los cultivares considerados como promisorios, ya que también el manejo agronómico puede influir en su rendimiento, y lo que es más algunos de ellos pueden ser de buena aceptación en cuanto a su sabor, por lo que también podrían ser sujetos a evaluaciones sensoriales (organolépticas).

9.5.2. Parcelas de ensayo establecido en Aldea Chemal, Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango

El resultado de los materiales de promisorias en base a componentes de rendimientos, se tomaron los datos sobre número de tubérculos por cada parcela, peso del total de los tubérculos por cada parcela, numero de tubérculos por categoría y su peso, y peso de 10 tubérculos de cada material.

Cuadro 25. Datos de resultados de cosecha realizada en Aldea Chemal I, Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango.

Entrada	Variedad	primera		segunda		tercera		rechazo		total tubérculo	# tubérculos/planta	total peso kg	No. De planta cosechada	Rendimiento Kg/ha	peso 100 tubérculos Kg
		No. Tubérculo	peso kg												
101A	Zaculeu	36	5,89	81	4,08	42	0,06	4	0,45	163	8	10,48	20	19407,41	9,50
102A	Mejorada Mejorada	80	11,5	94	5,62	26	0,45	1	0,09	201	10	17,68	20	32740,74	10
103A	Icta Frit blanco	68	6,86	71	3,17	11	0,13	0	0	150	8	10,16	20	18814,81	7,5
104A	Murca	36	5,81	63	7,31	25	0,45	3	0,18	127	7	13,75	19	25462,96	9
105A	Tolimán	39	4,99	63	2,44	25	0,45	1	0,9	128	6	8,78	20	16259,26	14
106A	Anita	31	7,72	120	7,16	29	0,45	1	0,22	181	10	15,55	19	28796,3	9,5
107A	Alaska	39	4,99	159	8,52	70	0,81	1	0,22	269	13	14,54	20	26925,93	9
108A	Loman castillo	11	0,82	92	2,26	38	0,04	0	0	141	7	3,12	20	5777,778	7,5
109A	Punto Rojo	20	2,76	190	9,71	26	0,45	1	0,04	237	12	12,96	20	24000	8
110A	Tacana	36	4,89	228	10,6	35	6,35	1	0,22	300	15	22,07	20	40870,37	8
111A	Criolla Roja	0	0	14	0,04	90	0,54	4	0,09	108	6	0,67	18	1240,741	2,5
112A	Crema	27	2,72	187	8,22	45	0,63	1	0,22	260	14	11,79	19	21833,33	9,5
113A	Criolla Blanca	0	0	22	0,45	74	0,73	4	0,09	100	6	1,27	17	2351,852	2,5
114A	ICTA morada	51	6,08	141	8,07	23	0,45	14	0,9	229	12	15,5	19	28703,7	5
115A	ICTA Chiquirichapa	42	2,63	30	0,49	10	0,18	10	0,36	92	5	3,66	20	6777,778	12
116A	loman Diaz 71	133	0,43	32	1,08	9	0,13	2	0,09	176	9	1,73	20	3203,704	11,5
117A	Zanahoria	12	0,96	93	4,26	15	0,22	8	0,36	128	6	5,8	20	10740,74	8,5
118A	Tollocan	63	5,89	96	4,63	18	0,36	8	0,36	185	10	11,24	19	20814,81	11
119A	ICTA Rosada	22	2,63	138	7,62	89	1,72	5	0,13	254	13	12,1	19	22407,41	5,5
120A	ICTA Roja	65	5,8	190	6,84	71	0,91	16	0,09	342	17	13,64	20	25259,26	8,5
121A	Morada Antigua	31	2,9	179	8,67	109	1,9	5	0,13	324	16	13,6	20	25185,19	5,5
122A	Mexicana	129	11,4	43	1,63	20	0,36	6	0,45	198	10	13,83	20	25611,11	8
123A	ICTA Frit roja	112	11,1	147	6,07	80	0,45	5	0,18	344	18	17,76	19	32888,89	7,5
124A	Morada mejorada	108	11,7	31	1,54	20	0,36	0	0	159	8	13,6	20	25185,19	8,25
125A	loman	21	0,96	102	2,63	75	0,05	5	0,18	203	10	3,82	20	7074,074	6,5
126B	soloman	55	3,08	160	4,17	46	0,04	5	0,18	266	14	7,47	19	13833,33	10
127B	FL 1867	10	0,51	31	0,97	19	0,05	4	0,13	64	3	1,66	20	3074,074	9
128B	lengua	61	6,66	40	1,45	14	0,27	5	0,36	120	6	8,74	19	16185,19	6
129B	atlantic	8	0,49	39	2,17	8	0,18	8	0,36	63	4	3,2	18	5925,926	4,5
130B	variedad x	8	0,99	178	7,89	69	0,51	10	0,36	265	14	9,75	19	18055,56	8,5
131B	criolla x	0	0	163	7,71	149	2,4	9	0,36	321	18	10,47	18	19388,89	7
132B	ICTA	75	6,4	91	6,86	30	0,05	7	0,36	203	11	13,67	19	25314,81	6,25
133B	cuarentena	0	0	156	5,05	167	2,17	8	0,18	331	17	7,4	20	13703,7	3,75
134B	mani	40	0,96	393	4,71	0	0	0	0	433	22	5,67	20	10500	5
135B	Atzimba	40	4,44	84	4,53	30	0,45	3	0,18	157	8	9,6	20	17777,78	10
136B	Tacana San Marcos	32	4,14	87	4,89	42	0,82	15	0,45	176	9	10,3	20	19074,07	9

Fuente: El Autor, (2010).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Cuadro 25, se puede apreciar el comportamiento en cuanto a producción que obtuvieron los 36 cultivares de papas caracterizados, habiéndose analizado para la selección de los cultivares promisorios, las variables de: número de tubérculos por planta, peso de 100 tubérculos (kilogramos.) y el rendimiento (kilogramos por hectárea).

El parámetro de control, consistió en la sumatoria de la desviación estándar y la media aritmética, cuyo valor se comparó tanto con el número de tubérculos por planta, el peso de 100 tubérculos y el rendimiento expresado en kilogramos por hectárea; siendo los cultivares considerados como promisorios los que se presentan en el siguiente Cuadro 26.

Cuadro 26. Análisis de rendimiento de los materiales.

Entrada	Variedad	# tubérculos/planta	Rendimiento Kg/ha	peso 100 tubérculos kg
102A	Mejorada Mejorada	10	32740,74074	10
105A	Tolimán	6	16259,25926	14
106A	Anita	10	28796,2963	9,5
108A	Loman castillo	7	5777,77778	7,5
110A	Tacana	15	40870,37037	8
112A	Crema	14	21833,33333	9,5
114A	ICTA morada	12	28703,7037	5
115A	ICTA Chiquirichapa	5	6777,77778	12
116A	loman Díaz 71	9	3203,703704	11,5
118A	Tollocan	10	20814,81481	11
120A	ICTA Roja	17	25259,25926	8,5
121A	Morada Antigua	16	25185,18519	5,5
123A	ICTA Frit roja	18	32888,88889	7,5
126B	soloman	14	13833,33333	10
130B	variedad x	14	18055,55556	8,5
131B	criolla x	18	19388,88889	7
133B	cuarentena	17	11851,85185	3,75
134B	maní	22	10500	5

Desviación estándar	4,53	9759,87	2,56
Media	10,26	18365,74	7,87
Σ	14,00	28125,61	10,43

Fuente: El Autor, (2010).

Analizando el cuadro 26, podemos establecer que los cultivares de papa sobresalieron de un total de 18 considerados como promisorios del ensayo establecido en Chermal I, 13 de los 36 materiales fueron recolectados en la Sierra de los Cuchumatanes se consideran como promisorios, y 5 de ellos fueron recolectados en San Marcos.

Se puede observar que los cultivares C10 (Tacaná), C12 (Crema), C20 (ICTA roja), C21 (Morada antigua), C23 (ICTA frit roja), C26 (Soloman), C30 (Variedad x), C31 (Criolla x), C33 (Cuarentena) y, C34 (Maní), obtuvieron un número de tubérculos por planta por arriba del parámetro de control establecido (14 tubérculos); lo que hace pensar que éstos cultivares son buenos rendimientos, lo cual también se evidenció en su rendimiento por arriba de los 28,125.18 kg/ha.

Así mismo, se puede apreciar en el Cuadro 26, que los cultivares C5 (Tolimán), C15 (ICTA Chiquirichapa), C16 (Loman Díaz 71) y C18 (Tollocan) reportaron los mayores pesos en kilogramos a partir de 100 tubérculos, los cuales estuvieron por arriba del parámetro de control establecido (10 kg.), y que a su vez manifestaron una relación en el rendimiento (kg/ha). La mayoría de estos cultivares fueron recolectadas en la Sierra de los Cuchumatanes, específicamente en la comunidad de Paquix, del Municipio de Chiantla.

Los cultivares que tuvieron mayor rendimiento en cuanto a Kg/ha fueron los siguientes materiales; C1 (Zaculeu), C2 (Mejorada Mejorada), C9 (Punto rojo), C10 (Tacana), y C22 (Mexicana) con una producción por arriba de los 23,354.18 kg/ha.

X. Conclusiones

1. Las características que conforman el componente principal I y que mayor efecto ejerció sobre la variabilidad de los 36 cultivares de papa evaluados (99.21 % de la variación) fue: madurez del follaje, color del pedicelo; las demás variables presentaron un comportamiento opuesto (variables: forma del tubérculo, color de la piel de tubérculo, simetría del cáliz) correspondiente a los valores negativos del componente principal uno, del ensayo establecido en Chermal I.
2. El segundo componente más importante (componente principal dos), que explicó 0.44 % de la variación de la variabilidad en los 36 cultivares de papa en la localidad de Chermal I, está conformado por las variables: forma del lóbulo del cáliz, pigmentación de anteras, longitud del pedúnculo y ubicación del pedicelo.
3. Los cultivares C10 (Tacaná), C12 (Crema), C20 (ICTA roja), C21 (Morada antigua), C23 (ICTA frit roja), C26 (Soloman), C30 (Variedad x), C31 (Criolla x), C33 (Cuarentena) y, C34 (Maní), obtuvieron un número de tubérculos por planta por arriba del parámetro de control establecido (14 tubérculos); tuvo un rendimiento por arriba de los 28,125.18 kg/ha del ensayo establecido en Chermal I Todos Santos Cuchumatán.
4. Los primeros dos componentes principales, son suficientes para explicar el 99.45 % de la variabilidad en los 36 cultivares de papa (*Solanum tuberosum*) caracterizados en la Aldea Climentoro Aguacatán del departamento de Huehuetenango.
5. El segundo componente más importante del ensayo en Climentoro (componente principal dos), que explicó 0.25 % de la variación de la variabilidad en los 36 cultivares de papa, está conformado por las variables: forma del lóbulo del cáliz, pigmentación de anteras, longitud del pedúnculo y ubicación del pedicelo es similar al ensayo de Chermal I.
6. Los cultivares que tuvieron mayor rendimiento en cuanto a Kg/ha fueron los siguientes materiales; C1 (Zaculeu), C2 (Mejorada Mejorada), C9 (Punto rojo), C10 (Tacana), y C22 (Mexicana) con una producción por arriba de los 23,354.18 kg/ha.

7. Debido a la naturaleza poliploide de la papa (tetraploide para el caso de *Solanum tuberosum* L.), los efectos de dosis de cada alelo (simple, doble o triple) no pudo ser diferenciado. Por lo tanto, a pesar de la codominancia de los marcadores microsatélites, los alelos son analizados como marcadores dominantes, ya que la frecuencia alélica no puede ser contada como en las especies diploides (Zhang *et al.* 2000).
8. La diversidad genética de Nei fue 0.1963 para toda la colección. La diferenciación genética entre grupos fue 0.1825. Esto indica que el 18.25% de la diversidad total se debe a la diferenciación que formó los grupos identificados.
9. Dentro de cada grupo los genotipos tienen una diferenciación que contribuye al 81.75% del total. En otras palabras, la diversidad genética obtenida se debe principalmente a las diferencias que hay entre los genotipos y no entre los grupos formados porque los genotipos no son muy variables entre sí.

XI. Recomendaciones

1. Realizar investigación sobre estabilidad genética de los cultivares que son de importancia económica para los agricultores.
2. Establecer parcelas de jardín clonal, para la conservación de la diversidad genética de los materiales existentes en la Sierra de los Cuchumatanes.
3. Realizar estudio sobre cultivares promisorios con diseño experimental específico en tres pisos altitudinales en la Sierra de los Cuchumatanes.
4. Realizar estudios de tolerancia al tizón tardía y temprana de los cultivares de papa recolectadas.
5. Se recomienda seguir produciendo los cultivares que tuvieron mayor rendimiento en cuanto a Kg/ha, los siguientes materiales; C1 (Zaculeu), C2 (Mejorada Mejorada), C9 (Punto rojo), C10 (Tacana), y C22 (Mexicana) por una producción por arriba de los 23,354.18 kg/ha.
6. Realizar pruebas organolépticas con los materiales que se encuentra en la sierra de los Cuchumatanes.
7. Realizar pruebas de fritura con las dieciséis materiales que presenta mayor rendimiento.
8. Realizar investigación sobre contenido de almidones de los treinta y seis materiales recolectadas.
9. Se recomienda seguir produciendo los siguientes cultivares que tuvieron mayor rendimientos, en la parte baja de la meseta de los Cuchumatanes son; Mejorada mejorada, Zaculeu, Punto rojo y Mexicana, ya que tuvieron rendimiento mayor de 24,092.59 kg/ha.

XII. Bibliografía

1. Ezeta, F. N. 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.
2. Hooker, WJ. sf. Compendio de enfermedades de la papa. Trad. T. Ames de Icochea. Lima, Centro Internacional de la Papa CIP. 166 p.
3. Hidalgo Villatoro SG. 2001. Evaluación de tres pisos altitudinales de producción de cuatro variedades de papa *Solanum tuberosum* L. tratados con tres concentraciones de ácido giberélico para estimular la brotación de sus tubérculos-semillas. Tesis Ing.Agr. Todo Santos Cuchumatán Huehuetenango Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 44 p.
4. ICTA-PRECODEPA (Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola y Programa Regional Cooperativo de Papa GT). 2000. El cultivo de la papa en cifras. Guatemala. 79 p.
5. Huamán, Z. 1986. Botánica sistemática y morfología de la papa. 2 ed. Rev. Lima, Centro Internacional de la Papa. (Boletín de Información Técnica 6): 22 p.
6. ICTA (Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola GT)/ DIGESA(Dirección General de Servicios Agrícolas GT). 1984. Recomendaciones prácticas para el cultivo de papa en Guatemala. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas y Dirección General de servicios agrícolas. 27 p.
7. ICTA (Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola GT). 1999. Proyecto cuchumatanes. Recomendaciones técnicas agropecuarias. Guatemala, Huehuetenango. 128 p.
8. ICTA (Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícola GT). 1990. Almacenamiento de papa para semilla. Guatemala. Boletín Técnico 26. 27 p.
9. Franco, TL; Hidalgo, R. (eds.). 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico no. 8. Cali, Colombia, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. 89 p.
10. Huamán, Z.; Williams, JT.; Salhuana W.; Vincent, L. 1977. Descriptors for the cultivated potato and for the maintenance and distribution of germplasm collections (en línea). Rome, Italy IT. Consultado 3 mar. 2010. Disponible en <http://www.ipgri.cgiar.org/publications/pdf/381.pdf>.
11. Woolfe, JA. 1,987. La papa en la dieta humana. Cambridge, London. Centro Internacional de la papa. Universidad Pres Cambridge. 231 p.
12. Ávalos, A.; Molina, L. 2004. Caracterización de 22 variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante la técnica de polimorfismos de longitud de fragmentos amplificados (AFLP). Informe técnico de actividades 2003. Guatemala, Biotecnología. ICTA. 40 p.
13. Ponciano, K.; Villatoro, J.; Molina, L. 2009. Caracterización preliminar con microsatélites de la colección guatemalteca de frijol trepador. Guatemala, Agronomía Mesoamericana. p. 245-254.

14. Rohlf, F.J. 1992. NTSYS-pc Numerical taxonomy and multivariate analysis systems. Versión 1.70. New York, USA, Edit. Exeter Publishing. 250 p.
15. Yeh, F.Y.; Boyle, R.; Ye, T.; Mao, Z. 1997. POPGENE, the user friendly shareware for population genetic analysis. Versión 1.32. Molecular Biology and Biotechnology Centre, University of Alberta, Alberta, United State.
16. Nei, M. 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals, New York, USA, Edit Exeter Publishing. Genetics 89:583-590.
17. Ghislain, M.; Spooner, D.; Rodríguez, F.; Villamon, F.; Nuñez, J.; Vasquez, C.; Waigh, R; Bonierbale, M. 2004. Selection on highly informative and user-friendly microsatellites (SSRs) for genotyping of cultivated potato. New York, USA, Edit Exeter Publishing. p. 881-890.
18. Feingold, S.; Lloyd, J.; Norero, N.; Bonierbale, M.; Lorenzen, J. 2005. Mapping and characterization of new EST-derived microsatellites for potato (*Solanum tuberosum* L). New York, USA, Edit Exeter Publishing. p. 456-466.
19. Zhang, D.; Cabajulca, D.; Ojeda, L.; Rossel, G.; Milla, S.; Herrera, C.; Ghislain, NM. 2000. Microsatellite analysis of genetic Diversity in sweetpotato varieties from Latin America. New York, USA, Edit Exeter Publishing, CIP Program Report 1999-2000. p. 295-301.

XIII. Anexos

13.1. Lista de descriptores morfológicos de la papa (*Solanum tuberosum* L.) según Centro Internacional de la papa CIP.

1. Características de Plantas

1.1. Hábito de Crecimiento

El momento más oportuno para registrar el hábito de crecimiento de la planta de papa es cuando se inicia la formación de botones florales. El hábito de crecimiento cambia cuando la planta llega a la madurez. Los hábitos de crecimiento Semi-arrosetado y Arrosetado (cuando todas o la mayoría de las hojas están ubicadas en la base de los tallos, muy cercanos a la superficie del suelo) se observan solamente en las especies silvestres de papa.

1 Erecto

3 Semi-erecto

5 Decumbente, cuando los tallos se arrastran sobre la superficie del suelo pero mantienen la parte apical erguidos.

7 Postrado, cuando los tallos se arrastran sobre la superficie del suelo.



1.2. Altura de Planta a la Floración

Se registra la altura de las plantas cuando un 75% de las plantas de una entrada están en floración. Es la longitud desde la base de los tallos hasta el brote apical más alto. No se considera la altura de las inflorescencias si sobrepasan el brote apical más alto.

3 Corto (<75 cm)

5 Mediano (75-100 cm)

7 Alto (>100 cm)

1.3. Grado de Floración

Expresión promedio de la floración de varias plantas del mismo cultivar.

- 0 Ausente
- 1 Botones florales que se caen
- 3 Escaso
- 5 Moderado
- 7 Profuso

1.4. Madurez del follaje

Número de días desde la siembra hasta la senectud. Se debe usar como referencia algunas variedades locales de diferente madurez.

- 1 Muy precoz (< 90 días desde la siembra)
- 3 Precoz (90 a 119 días)
- 5 Intermedia (120 a 149 días)
- 7 Tardía (150 a 180 días)
- 9 Muy tardía (>180 días desde la siembra)

2. Características del Tallo

2.1. Color del Tallo

Se describe la distribución de pigmentos antocianínicos (rojo o morado) en los tallos. Se debe evaluar el color predominante de los tallos considerando todo el tallo desde la base hasta el ápice.

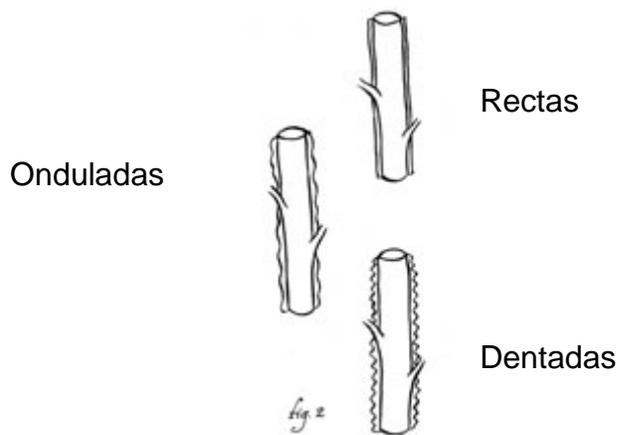
- 1 Verde
- 2 Mayormente verde
- 3 Verde con muchas manchas pigmentadas
- 4 Pigmentado con muchas manchas verdes
- 5 Mayormente pigmentado
- 6 Rojo
- 7 Morado

2.2. Forma de las Alas del Tallo

Se registra la protuberancia en los ángulos de los entrenudos de los tallos desde la base del tallo hasta el ápice. Hay cultivares que tienen alas ligeramente onduladas en la base del tallo pero el resto es recto. En estos casos se registra la expresión más predominante a lo largo del tallo.

- 0 Ausente
- 1 Recto y angosto
- 2 Recto y ancho (>2mm)
- 3 Ondulado y angosto
- 4 Ondulado y ancho (> 2mm)
- 5 Dentado y angosto
- 6 Dentado y ancho (> 2mm)

Figura 2. Forma de las alas del tallo



3. Características de las Hojas

Se registran los valores promedio observados en por lo menos dos hojas maduras ubicadas en la parte central de la planta.

3.1. Número de Pares de Foliolos Laterales Primarios

Número promedio de pares de foliolos laterales primarios. Se registra 1= 1 par hasta 9 = 9 pares, 10= 10 pares, etc.

3.2. Número de Pares de Inter-hojuelas sobre el Raquis Principal

Número promedio de pares de inter-hojuelas localizados en el raquis principal entre los foliolos laterales primarios. Se registra 1= 1 par hasta 9 = 9 pares, 10= 10 pares, etc.

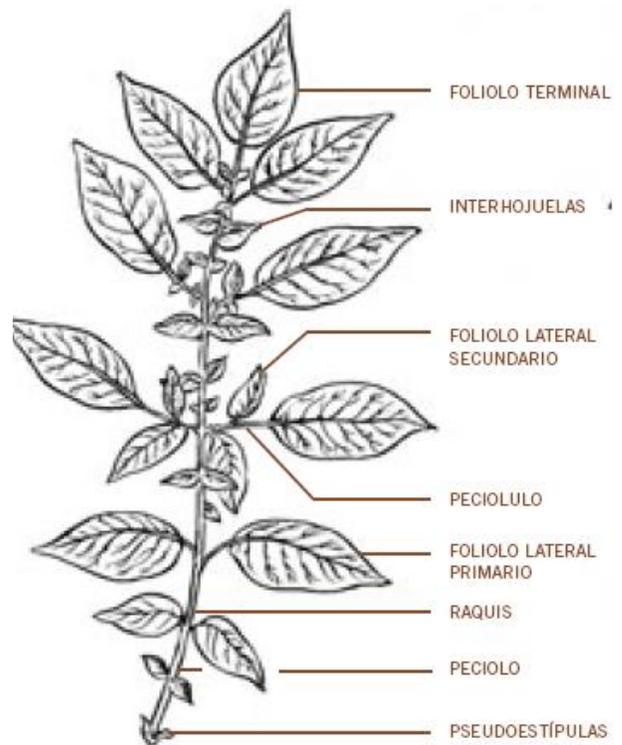


Figura 3. Partes de la hoja

3.3. Número de Pares de Foliolos Laterales Secundarios sobre los Peciolulos

Número promedio de pares de foliolos laterales secundarios ubicados sobre los peciolulos, incluyendo los foliolos localizados en la inserción del peciolulo sobre el raquis principal.

Se registra 1= 1 par hasta 9 = 9 pares, 10= 10 pares, etc.

3.4. Sobre posición de los foliolos laterales primarios

Descripción del grado de sobre posición entre los foliolos laterales primarios (ver Figura 4)

- 1 Muy separados (> 2 mm de separación entre foliolos)
- 3 Separados (1-2 mm de separación)
- 5 Unidos
- 7 Sobrepuestos (1-2 mm de sobre posición)
- 9 Muy sobrepuestos (> 2mm de sobre posición)



SOBREPUESTOS

3.5. Forma del Foliolo Terminal

- 1 Anchamente elíptico (T_{la}/T_{ll} cerca de 0.5 y T_{ll}/T_{lw} cerca de 1.5)
- 2 Elíptico (T_{la}/T_{ll} cerca de 0.5 y T_{ll}/T_{lw} >=2)
- 3 Lanceolado (T_{la}/T_{ll} cerca de 0.8 y T_{ll}/T_{lw} >=2)
- 4 Ovado (T_{la}/T_{ll} cerca de 0.7 y T_{ll}/T_{lw} >=2)
- 5 Oblanceolado (T_{la}/T_{ll} cerca de 0.2 y T_{ll}/T_{lw} >=2)
- 6 Obovado (T_{la}/T_{ll} cerca de 0.3 y T_{ll}/T_{lw} >=2)



UNIDOS



SEPARADOS

Figura 4. Sobre posición de los foliolos laterales primarios

3.6. Forma del ápice del Foliolo Terminal

- 1 Con acumen largo (> 2mm)
- 3 Con acumen corto (1-2 mm)
- 5 Obtuso
- 7 Redondeado

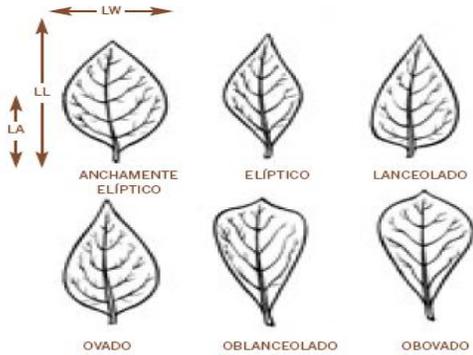


Figura 5. Formas del Foliolo Terminal

3.7 Forma de la Base del Foliolo Terminal

- 1 Cuneado
- 2 Cuneado y decurrente (con alas)
- 3 Truncado
- 5 Redondeado
- 7 Cordado
- 9 Desigual o asimétrico

Se pueden usar valores intermedios si se observan formas intermedias de la base.



Figura 6. Forma del ápice del foliolo terminal



Figura 7. Formas de la Base del Foliolo Terminal

3.8. Forma del Primer Foliolo Lateral

Está determinado por la proporción entre su largo y ancho (LLL / LLW en Figura 5) y la proporción entre la longitud de la parte más ancha hasta el ápice del foliolo y el largo del foliolo lateral (LLA / LLL en Figura 5)

- 1 Anchamiento elíptico (Lla/Lli cerca de 0.5 y Lii/Liw cerca de 1.5)
- 2 Elíptico (Lla/Lli cerca de 0.5 y $Lii/Liw \geq 2$)
- 3 Lanceolado (Lla/Lli cerca de 0.8 y $Lii/Liw \geq 2$)
- 4 Ovoide (Lla/Lli cerca de 0.7 y $Lii/Liw \geq 2$)
- 5 Oblanceolado (Lla/Lli cerca de 0.2 y $Lii/Liw \geq 2$)
- 6 Obovado (Lla/Lli cerca de 0.3 y $Lii/Liw \geq 2$)

3.9. Angulo de Divergencia entre la Hoja y el Tallo

Es el ángulo entre el raquis de la hoja y el tallo. La hoja a evaluar debe ser una hoja relativamente joven y madura. Se sugiere registrar datos de la hoja que está localizada a $\frac{1}{4}$ de la altura de la planta desde la parte apical.

El ángulo se registra como 1 = 10 grados de divergencia del tallo hasta 9 = hoja en un ángulo recto del tallo.

4. Características de las Flores

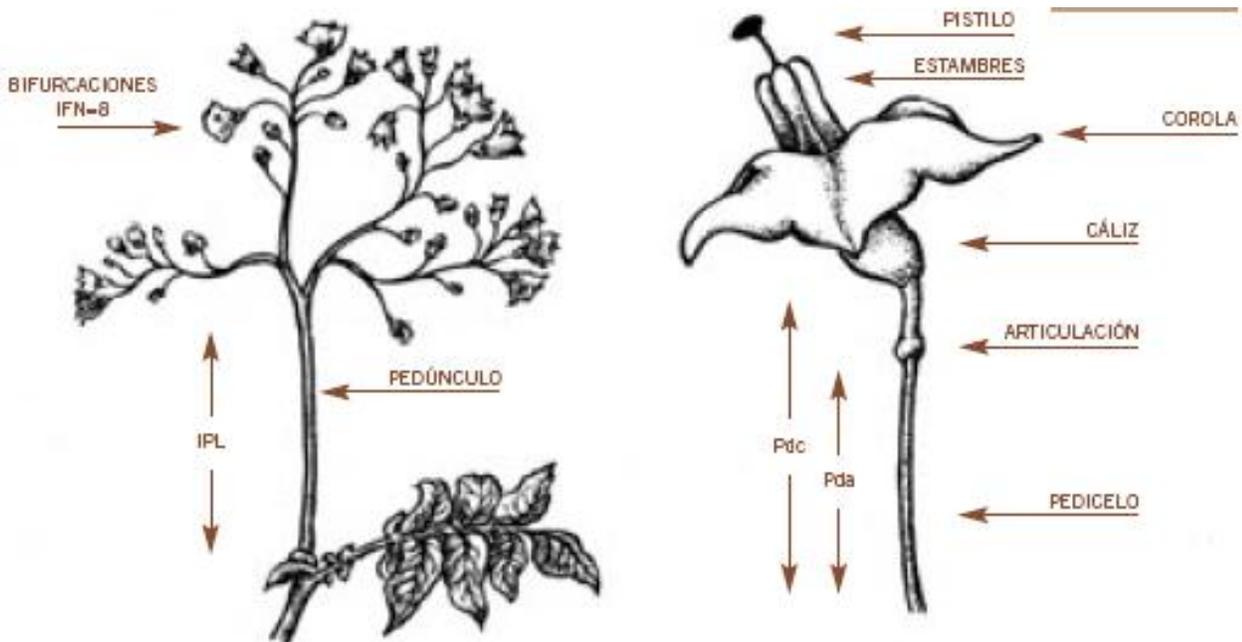


Figura 8. Características de las flores

4.1. Longitud del Pedúnculo

Longitud promedio del pedúnculo en cm desde la base a la primera bifurcación medido en por lo menos 3 inflorescencias (ver IPL en Figura 8).

4.2. Ramificación de la Inflorescencia

Número promedio de bifurcaciones del pedúnculo por inflorescencia (ver IFN en Figura 8).

4.3. Ubicación de la Articulación del Pedicelo

Está determinado por la proporción entre la longitud del pedicelo desde la base hasta la articulación (Pda en Figura 8) y la longitud del pedicelo (Pdc en Figura 8).

- 0 Ausente o indistinguible
- 1 Baja ($Pda/Pdc < 0.45$)
- 3 Central (Pda/Pdc entre 0.45 y 0.55)
- 5 Alta (Pda/Pdc entre 0.56 y 0.75)
- 7 Muy alta ($Pda/Pdc > 0.75$)

4.4. Color del Pedicelo

Distribución de la pigmentación antocianínica (rojo o morado) en el pedicelo.

- 1 Verde
- 2 Verde con articulación pigmentada
- 3 Ligeramente pigmentada a lo largo
- 4 Ligeramente pigmentada a lo largo y en la articulación
- 5 Pigmentado solamente encima de la articulación
- 6 Pigmentado solamente debajo de la articulación
- 7 Mayormente pigmentado con articulación verde
- 8 Totalmente pigmentado

4.5. Color del Cáliz

Distribución de la pigmentación antocianínica (rojo o morado) sobre el cáliz.

- 1 Verde
- 2 Mayormente verde
- 3 Verde con muchas manchas pigmentadas
- 4 Pigmentado con muchas manchas verdes
- 5 Mayormente pigmentado
- 6 Rojizo
- 7 Morado

4.6. Simetría del Cáliz

Expresión promedio del arreglo de los lóbulos del cáliz observada en por lo menos 5 flores.

- 1 Simétrico
- 2 Asimétrico (agrupados en 2+2+1 lóbulos)
- 3 Asimétrico (agrupados en 2+3 lóbulos)



Figura 9. Formas del cáliz

4.7. Forma de los Lóbulos del Cáliz

La forma de los lóbulos de los sépalos del cáliz está determinado por su tamaño (corto <1.5 mm; intermedio desde 1.5 a 3mm; largo >3mm) y la forma del acumen (ver Figura 10.)

- 1 Corto y sin mucrón
- 2 Corto y con mucrón corto
- 3 Corto y con mucrón largo
- 4 Intermedio y sin mucrón
- 5 Intermedio y con mucrón corto
- 6 Intermedio y con mucrón largo
- 7 Largo y sin mucrón
- 8 Largo y con mucrón corto
- 9 Largo y con mucrón largo



Figura 10. Formas de los lóbulos del cáliz

4.8. Forma de la Base de los Lóbulos del Cáliz

Expresión promedio de la forma de la base de los lóbulos de los sépalos del cáliz. Las costillas son protuberancias a lo largo de los lóbulos de los sépalos y son muy distinguibles en muchos cultivares del grupo *goniocalyx*.

- 1 Suavemente arqueado
- 2 Ligeramente angulado y sin costillas
- 3 Fuertemente angulado y con costillas

4.9. Forma de la Corola

Está determinado por la proporción entre la longitud del lóbulo del pétalo en mm (CL en Figura 11) y su ancho (CW en Figura 11).

- 1 Estrellada ($CL/CW \geq 1.2$)
- 3 Semi-estrellada (CL/CW entre 0.9 y 1.1)
- 5 Pentagonal (CL/CW entre 0.5 y 0.8)
- 7 Rotada (CL/CW entre 0.3 y 0.4)
- 9 Muy rotada ($CL/CW \leq 0.2$)

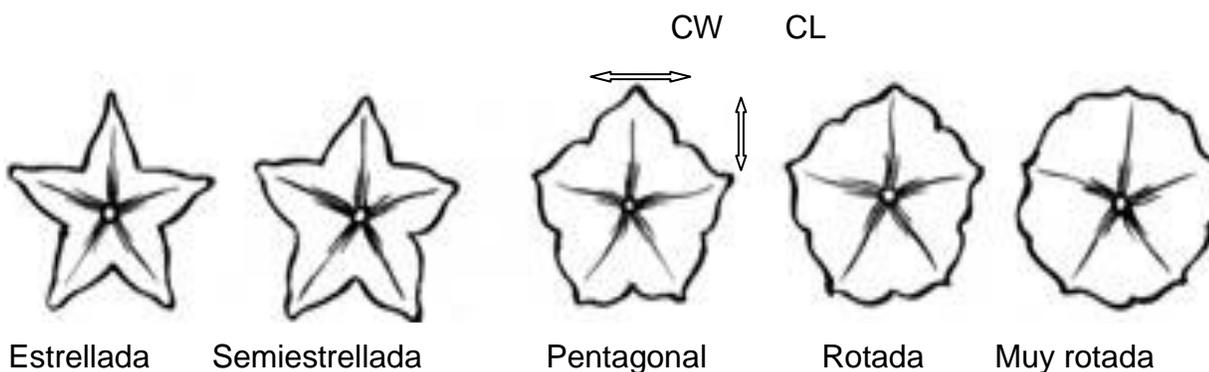


Figura 11. Formas de la corola de la flor

4.10. Color de la Flor

Se determina por comparación a una tabla de colores. La siguiente tabla contiene los códigos equivalentes de la tabla de colores de la Sociedad Hortícola Real de Inglaterra (RHS, 1986), que es la más frecuentemente usada en caracterización botánica. Estos colores de flor cubren el espectro de colores más frecuentemente observados en una colección de papas cultivadas muy grande que se conserva en custodia en el CIP. Esta tabla combina los colores básicos desde blanco (1) hasta violeta (8) y su intensidad (1 = claro, 2 = intermedio, y 3 = oscuro). La tabla de colores en el Anexo es una aproximación a dichos colores y puede ser usado por aquellos que no tienen acceso a una tabla de colores del RHS.

Color Básico de Flor		Intensidad del Color		
		1	2	3
Blanco	1	155D*	159D	159C
Rojo rosado	2	69B	75A	67D
Rojo morado	3	61C	67A	71B
Celeste	4	108A	100D	106A
Azul morado	5	99B	102A	96A
Lila	6	76C	84B	86D
Morado	7	72A	77A	N81A
Violeta	8	83B	86A	N89A

*Equivalente del RHS Color Chart

4.10.1. Color Predominante de la Flor

- 1 Blanco
- 2 Rojo rosado
- 3 Rojo morado
- 4 Celeste
- 5 Azul morado
- 6 Lila
- 7 Morado
- 8 Violeta

4.10.2. Intensidad del Color Predominante de la Flor

- 1 Claro
- 2 Intermedio
- 3 Oscuro

4.10.3. Color Secundario de la Flor

- 0 Ausente
- 1 Blanco
- 2 Rojo rosado
- 3 Rojo morado
- 4 Celeste
- 5 Azul morado
- 6 Lila
- 7 Morado
- 8 Violeta

4.10.4. Distribución del Color Secundario de la Flor

- 0 Ausente
- 1 En el haz del acumen
- 2 En el envés del acumen
- 3 En ambos lados del acumen
- 4 En la estrella del haz
- 5 Bandas en el haz
- 6 Bandas en el envés
- 7 Bandas en ambos lados
- 8 Manchas salpicadas



Figura 12. Distribución del color secundario de la flor

4.11. Tamaño de la Flor

Se determina por el diámetro en mm de flores recientemente abiertas.

- 0 No florea
- 1 Pequeña (< 30 mm)
- 3 Intermedio (30 a 40)
- 5 Grande (41 a 50)
- 7 Muy grande (>50mm)

4.12. Pigmentación en las Anteras

Distribución de pigmentación antocianínica (rojo o morado) en las anteras.

- 0 Sin antocianinas
- 1 Mancha pigmentada en el ápice de las anteras (PAT)
- 3 Rayas pigmentadas (PAS)
- 5 Rayas y manchas pigmentadas
- 7 Anteras mayor o totalmente pigmentadas

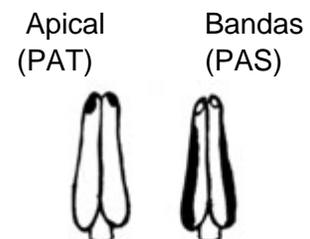


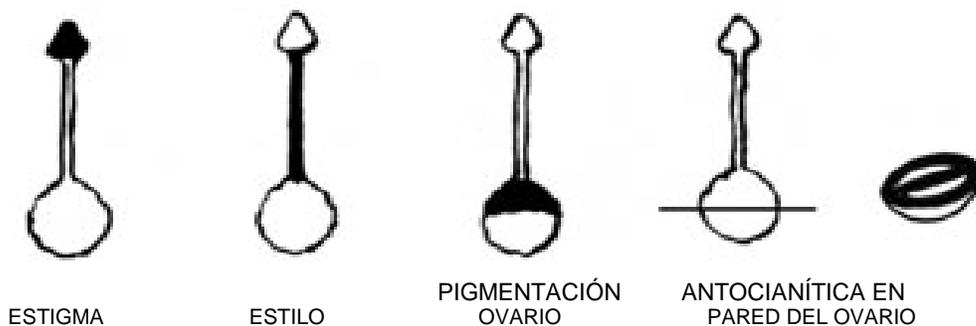
Figura 13. Distribución de pigmentación en las anteras

4.13. Pigmentación del Pistilo

Distribución de pigmentación antocianínica (rojo o morado) en el pistilo.

- 0 Sin antocianinas
- 1 Estigma pigmentado
- 2 Ovario pigmentado
- 3 Pared del ovario pigmentado
- 4 Estigma y ovario pigmentados
- 5 Estigma y pared del ovario pigmentados
- 6 Ovario y pared del ovario pigmentados
- 7 Estigma, ovario y pared del ovario pigmentados
- 8 Estilo pigmentado
- 9 Totalmente pigmentado

Figura 14. Distribución de la pigmentación en el pistilo



4.14. Ejercicio del Estigma

Se determina por la longitud en mm desde el ápice de las anteras hasta el ápice del estigma en flores recientemente abiertas (ver Figura 8).

- 0 Inserto (el estigma está debajo del ápice de las anteras)
- 1 Ligeramente exerto (<2 mm sobre el ápice de las anteras)
- 3 Moderadamente exerto (2-5 mm)
- 5 Fuertemente exerto (>5mm)

5. Características de Frutos

5.1. Color de los Frutos

Distribución de pigmentación antocianínica (rojo o morado) en los frutos.

- 1 Verde
- 2 Verde con pocas manchas blancas
- 3 Verde con bandas blancas
- 4 Verde con abundantes manchas blancas
- 5 Verde con manchas moradas
- 6 Verde con bandas moradas
- 7 Predominantemente morado

5.2. Forma del Fruto

Se determina por la proporción del largo (FL) y el diámetro del fruto (FD) registrado en frutos de tamaño promedio.

- 1 Globular (FL/Fd cerca de 1)
- 2 Globular mucronado
- 3 Ovoide (FL/Fd cerca de 1.5)
- 4 Ovoide mucronado
- 5 Cónico (FL/Fd acerca de 2)
- 6 Cónico alargado (FL/Fd >2)
- 7 Piriforme (FL/Fd cerca de 2 y en forma de pera)

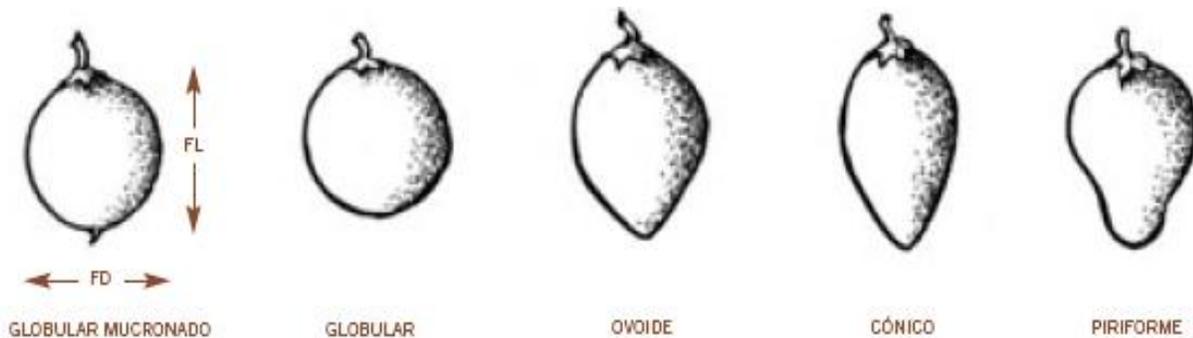


Figura 15. Formas del fruto

6. Características de Tubérculos

Piel del Tubérculo

6.1.1. Color Predominante de la Piel del Tubérculo

Se determina por comparación a una tabla de colores. A continuación se indican los códigos de los colores equivalentes de la tabla de colores del RHS (1986) que combina los colores básicos desde 1 (blanco) hasta morado violeta (9) y su intensidad (1 = claro, 2= intermedio, y 3= oscuro).

Color Básico del Tubérculo		Intensidad del Color		
		1	2	3
Blanco-crema	1	155D*	159D	159C
Amarillo	2	1A	7C	9A
Anaranjado	3	14B	21B	24B
Marrón	4	161A	163B	165B
Rosado	5	69B	75B	67D
Rojo	6	45C	46B	53A
Morado rojizo	7	N57A	61A	72A
Morado	8	N78A	77A	79C
Morado violeta	9	N88A	N89B	N92C

*Equivalente del RHS Color Chart

El color predominante cubre la mayor parte del tubérculo.

- 1 Blanco-crema
- 2 Amarillo
- 3 Anaranjado
- 4 Marrón
- 5 Rosado
- 6 Rojo
- 7 Morado rojizo
- 8 Morado
- 9 Morado violeta

6.1.2. Intensidad del Color Predominante de la Piel del Tubérculo

- 1 Claro
- 2 Intermedio
- 3 Oscuro

6.1.3. Color secundario del Color de Piel del Tubérculo

- 0 Ausente
- 1 Blanco-crema
- 2 Amarillo
- 3 Anaranjado
- 4 Marrón
- 5 Rosado
- 6 Rojo
- 7 Morado rojizo
- 8 Morado
- 9 Morado violeta

6.1.4. Distribución del Color Secundario de la Piel del tubérculo

0 Ausente

1 Solamente en los ojos

2 Solamente en las cejas

3 Pigmentado en áreas alrededor de los ojos (salpicado)

4 En manchas dispersas

5 Sin pigmentación en áreas alrededor de los ojos y el resto del tubérculo es pigmentado (como anteojos)

6 En manchas salpicadas

7 Muy pocas manchas

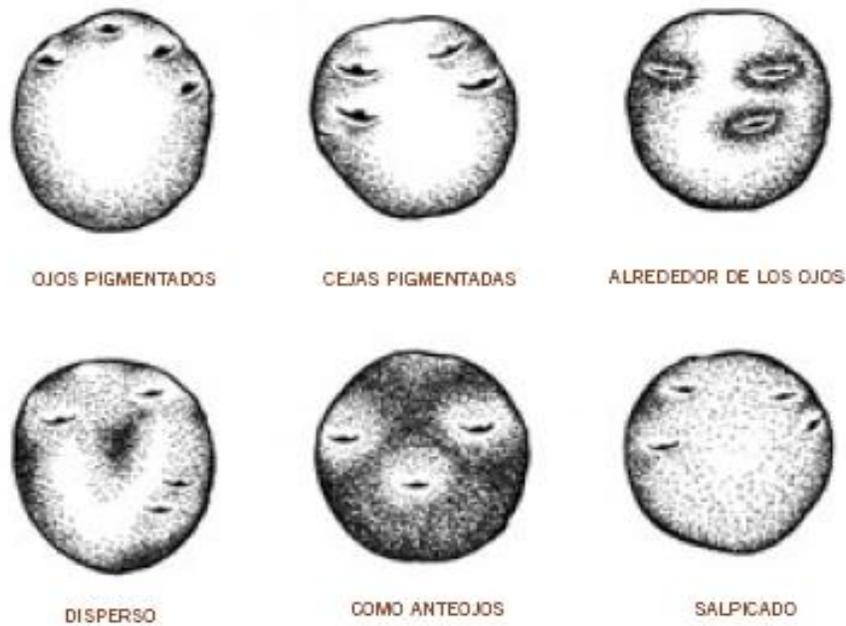


Figura 16. Distribución del color secundario de la piel del tubérculo

6.1.5. Pigmentación de los Tejidos del Tubérculo

0 Ausente

1 En el peridermo o piel

3 En la corteza

5 En la piel y en la corteza

7 En la piel, corteza y pulpa

6.1.6. Textura de la Piel del Tubérculo

1 Suave

3 Intermedia

5 Aspera

7 Reticulado

9 Muy reticulado

6.2. Carne del Tubérculo

6.2.1. Color Predominante de la Carne del Tubérculo

Se determina mejor por comparación con la tabla de colores de la piel del tubérculo. El color predominante cubre la mayor parte de la carne o pulpa del tubérculo

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

6.2.2. Color Secundario de la Carne del Tubérculo

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



Figura 17. Distribución del color secundario de la carne.

6.2.3. Distribución del Color Secundario de la Carne del Tubérculo

- 0 Ausente
- 1 Manchas dispersas
- 2 Areas dispersas
- 3 En un anillo vascular angosto
- 4 En un anillo vascular ancho
- 5 En un anillo vascular y en la médula
- 6 En toda la pulpa excepto en la médula
- 7 En manchas salpicadas uniformemente

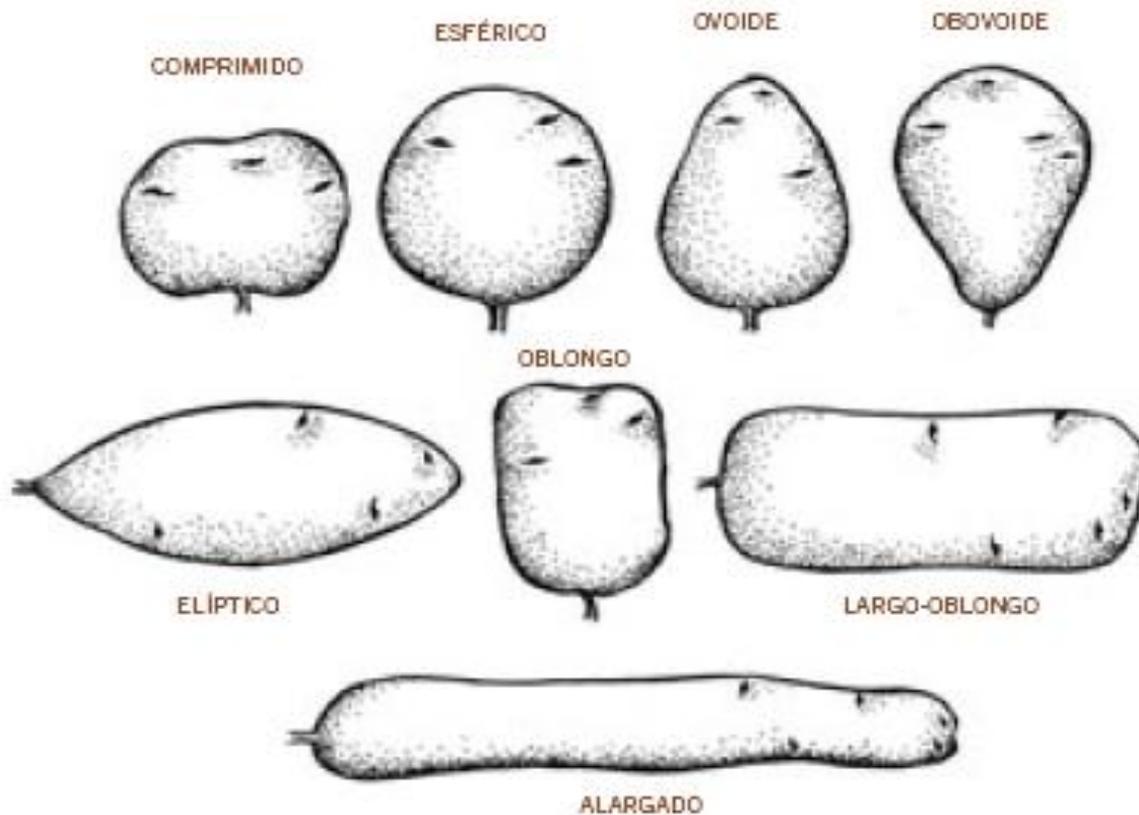


Figura 18. Formas del tubérculo

6.3. Forma del Tubérculo

6.3.1. Formas del Tubérculo

- 1 Comprimido, el eje mayor es el más corto
- 2 Esférico, el contorno es casi circular.
- 3 Ovoide, parecido a la sección longitudinal de un huevo. La parte más ancha está dentro del 1/3 de la distancia desde el extremo de inserción del estolón.
- 4 Obovoide, inversamente ovoide con la parte más ancha dentro del 1/3 de la distancia desde el extremo apical donde están los ojos.

- 5 Elíptico, con aproximadamente el mismo ancho a distancias iguales desde los extremos que son ligeramente agudos.
- 6 Oblongo, con un contorno casi rectangular que tiene los lados casi paralelos y las esquinas redondeadas. La proporción del largo y el ancho debe ser más de 1.5.
- 7 Largo-oblongo, la proporción del largo y el ancho debe ser cercana a 2.
- 8 Alargado, la proporción del largo y el ancho debe ser cercana a 3.

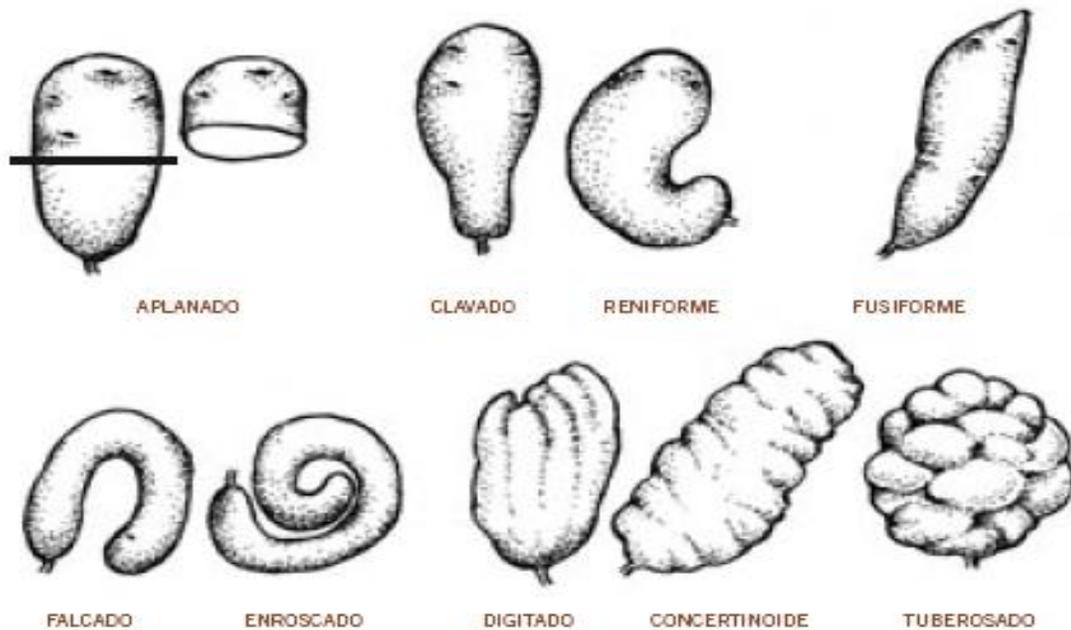


Figura 19. Formas raras de los tubérculos

6.3.2. Formas Raras de Tubérculo

- 0 Ausente
- 1 Aplanado, el largo de la sección transversal es más de 3 veces más largo que ancho en cualquier punto del tubérculo.
- 2 Clavado, parecido a un mazo alargado engrosado en un extremo.
- 3 Reniforme, parecido a un riñón.
- 4 Fusiforme, ahusado o con ambos extremos que disminuyen gradualmente.
- 5 Falcado, curvado en forma de una hoz o herraje.
- 6 Enroscado, largo y enroscado o curvado en un extremo
- 7 Digitado, parecido a una mano abierta o un puño.
- 8 Concertinoide, parecido a una concertina.
- 9 Tuberosado, cubierto por pocas o muchas protuberancias que le dan una apariencia a una piña o racimo de uvas.

6.3.3. Profundidad de los ojos de los tubérculos

Se determina midiendo la longitud en mm de la cavidad donde se ubican las yemas de los tubérculos en un corte longitudinal del tubérculo.

- 1 Protuberante o sobresalido
- 3 Superficial (<2mm)
- 5 Ligeramente profundo (2-4mm)
- 7 Profundo (5-6mm)
- 9 Muy profundo (>6mm)

6.3.4. Número de ojos de los tubérculos

Numero promedio de ojos registrados en por lo menos 5 tubérculos maduros y de un tamaño mediano.

- 1 Muy pocos (<5)
- 3 Pocos (5-7)
- 5 Intermedio (8-10)
- 7 Muchos (>10)

6.4. Características de los Brotes del Tubérculo

Distribución de la pigmentación antocianínica (rojo o morado) en los brotes de cerca de 1 cm de largo registrado en tubérculos almacenados en la oscuridad. Si los colores predominante y secundario son aproximadamente iguales, se considera como predominante el que está en la base de los brotes.

6.4.1. Color Predominante del Brote

- 1 Blanco (incluyendo las áreas verdeadas)
- 3 Rosado
- 5 Rojo
- 7 Morado
- 9 Violeta

6.4.2. Color Secundario del Brote

- 0 Ausente
- 1 Blanco (incluyendo las áreas verdeadas)
- 3 Rosado
- 5 Rojo
- 7 Morado
- 9 Violeta

6.4.3. Distribución del Color Secundario del Brote

- 0 Ausente
- 1 En la base
- 2 En el ápice
- 3 Distribuido a lo largo

6.5. Dormancia de los Tubérculos

Determinado por el número de días desde la cosecha de los tubérculos hasta que tengan brotes de 3-4 mm de largo, en tubérculos almacenados a temperatura ambiental.

- 0 Ausente (tubérculos tienen brotes a la cosecha)
- 1 Muy corto (brotamiento en >15 días)
- 3 Corto (brotamiento en 15 a 45 días)
- 5 Intermedio (brotamiento cerca de los 90 días)
- 7 Largo (brotamiento entre los 100 y 120 días)
- 9 Muy largo (brotamiento en <120 días)

CARTAS DE COLOR

*Equivalente del RHS Color Chart

Color Básico de Flor		Intensidad del Color		
		1	2	3
Blanco	1	155D*	159D	159C
Rojo rosado	2	69B	75B	67D
Rojo morado	3	61C	67A	71B
Celeste	4	108A	100D	106A
Azul morado	5	99B	102A	96A
Lila	6	76C	84B	85A
Morado	7	72A	77A	N81A
Violeta	8	83B	86A	N89A

*Equivalente del RHS Color Chart

Color básico del tubérculo

Color Básico del Tubérculo		Intensidad del Color		
		1	2	3
Blanco-crema	1	155D*	159D	159C
Amarillo	2	1B	7C	9A
Anaranjado	3	14B	21B	24B
Marrón	4	161B	163B	165B
Rosado	5	69B	75B	67D
Rojo	6	45C	46B	53A
Morado rojizo	7	N57A	61A	72A
Morado	8	N78A	77A	79C
Morado violeta	9	N88B	N89B	N92C

*Equivalente del RHS Color Chart

13.2. Toma de datos de campo, caracterización morfológica, Chemal I Todos Santos Cuchumatán.

FECHA de lectura	GENOTIPOS No.	habito de crecimiento	altura de planta	grado de floración	madurez follaje (dds)	color del tallo	forma de alas del tallo	No. Pares foliolos laterales primarios	No. Pares interhojuelas en raquis principal	No. Pares foliolos laterales secundarios	sobreposición de foliolos laterales primarios	forma del ápice foliolo terminal	forma base foliolo terminal	Angulo de divergencia	longitud del pedúnculo	ramificación de inflorescencia
16/09/2010	1	3	3	5	126	3	2	4	3	0	5	1	5	5	7	3
16/09/2010	2	1	3	5	126	3	1	3	4	0	5	1	9	5	8	4
16/09/2010	3	1	3	5	119	3	3	4	3	0	5	1	5	5	0	0
16/09/2010	4	1	3	5	113	3	3	4	3	0	5	1	5	5	10	4
21/09/2010	5	3	3	0	113	1	1	3	3	0	7	1	5	5	0	0
10/09/2010	6	1	3	3	119	3	1	4	3	2	5	1	5	5	8	4
04/08/2010	7	1	3	1	113	1	4	4	4	2	3	1	5	5	5	3
16/09/2010	8	3	3	0	97	1	1	3	1	0	5	1	5	6	0	0
16/09/2010	9	1	3	3	119	1	1	3	3	0	3	1	9	5	6	3
29/07/2010	10	1	3	3	119	3	3	3	5	5	3	1	1	5	8	4
16/09/2010	11	1	3	5	119	3	2	3	2	4	5	1	5	5	7	3
21/09/2010	12	1	3	2	119	1	3	3	3	0	5	1	5	5	0	0
11/08/2010	13	1	3	3	113	3	4	4	5	4	3	1	5	7	7	4
11/08/2010	14	1	3	3	119	3	4	4	5	0	3	1	5	6	8	4
16/09/2010	15	1	3	0	69	3	1	4	3	0	5	1	5	5	0	0
11/08/2010	16	3	3	3	119	1	2	4	6	0	5	1	5	7	6	4
04/08/2010	17	3	3	3	113	3	1	3	3	1	3	1	5	7	8	4
14/06/2010	18	1	3	3	113	1	1	3	2	0	3	1	7	4	8	4
10/09/2010	19	1	3	5	113	3	3	4	4	0	5	1	9	5	9	3
17/08/2010	20	1	3	5	119	3	1	4	3	0	3	1	5	7	8	4
21/09/2010	21	1	3	3	113	3	2	4	2	0	3	1	5	5	7	3
16/09/2010	22	1	3	5	119	3	1	3	3	2	3	1	5	5	12	4
11/08/2010	23	1	5	3	119	3	4	4	4	0	3	3	5	6	6	3
21/09/2010	24	1	3	5	119	3	4	4	4	0	5	1	5	5	12	4
16/09/2010	25	3	3	0	92	1	1	3	3	0	5	1	5	5	0	0
16/09/2010	26	3	3	0	92	1	1	3	3	0	5	1	5	5	0	0
21/09/2010	27	3	3	0	76	1	1	3	3	0	5	1	5	5	0	0
11/08/2010	28	1	5	3	119	3	4	4	6	0	3	1	5	6	6	3
21/09/2010	29	3	3	0	76	3	1	3	3	0	5	5	5	5	0	0
01/09/2010	30	1	3	5	119	2	3	4	6	0	3	1	5	5	10	3
21/09/2010	31	3	3	3	119	1	3	3	3	0	5	1	5	5	7	3
11/08/2010	32	1	5	3	119	3	4	4	6	1	3	1	5	7	6	3
17/08/2010	33	3	3	3	105	3	1	3	2	0	3	1	1	7	12	3
01/09/2010	34	1	3	5	126	2	2	4	2	0	3	3	1	5	8	3
16/09/2010	35	3	3	5	113	1	1	3	3	0	5	1	5	5	5	3
16/09/2010	36	1	5	5	119	3	4	4	3	4	5	1	5	5	10	4

FECHA de lectura	GENOTIP OS No.	ubicación articulación pedicelo	color del pedicelo	color del cáliz	simetría del cáliz	forma lóbulo de cáliz	forma de base de cáliz	forma de la corola	color predominante de la flor	intensidad del color predominante	color secundario	distribución de color secundario	tamaño de la flor	pigmentación de anteras	exposición del estigma	color del fruto
16/09/2010	1	5	2	3	1	9	1	3	6	3	1	3	3	7	1	1
16/09/2010	2	5	3	3	1	9	1	1	8	2	1	3	3	7	1	1
16/09/2010	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/09/2010	4	5	6	3	3	9	1	3	6	3	1	3	5	7	1	1
21/09/2010	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/09/2010	6	7	3	3	1	9	1	3	2	2	1	3	3	7	1	1
04/08/2010	7	5	1	1	1	9	1	5	1	3	0	0	3	7	1	1
16/09/2010	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/09/2010	9	5	3	3	1	9	1	5	6	3	1	3	3	7	1	1
29/07/2010	10	5	4	3	1	9	1	7	7	3	1	2	1	7	1	1
16/09/2010	11	5	3	3	3	9	1	1	8	2	1	3	3	7	1	1
21/09/2010	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/08/2010	13	5	8	6	1	9	1	1	6	3	0	0	3	7	3	1
11/08/2010	14	7	8	5	1	9	1	1	6	3	1	3	5	7	3	1
16/09/2010	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/08/2010	16	7	1	1	2	9	1	5	1	3	0	0	5	7	1	1
04/08/2010	17	5	1	1	1	9	1	3	1	3	0	0	5	7	1	1
14/06/2010	18	5	1	1	2	6	1	5	1	3	1	4	3	7	1	1
10/09/2010	19	5	4	3	1	9	1	3	8	1	1	3	5	7	1	1
17/08/2010	20	5	4	3	1	9	1	5	6	3	1	3	3	7	1	1
21/09/2010	21	5	3	3	3	9	1	5	6	3	1	3	3	7	1	1
16/09/2010	22	5	4	3	1	9	1	3	6	3	1	3	3	7	1	1
11/08/2010	23	7	8	5	1	9	1	5	7	2	1	2	3	7	3	1
21/09/2010	24	5	6	3	3	9	1	3	6	3	1	3	5	7	1	1
16/09/2010	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/09/2010	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/09/2010	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/08/2010	28	7	8	5	1	9	1	5	6	3	1	2	5	7	1	1
21/09/2010	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/09/2010	30	5	5	3	1	9	1	5	8	1	1	2	3	7	1	1
21/09/2010	31	5	5	3	3	9	1	5	7	3	1	3	3	7	1	1
11/08/2010	32	7	8	5	1	9	1	5	6	3	1	2	3	7	1	1
17/08/2010	33	5	8	3	1	9	1	5	6	3	1	2	5	7	3	1
01/09/2010	34	3	4	5	1	9	1	5	6	2	1	2	5	7	1	1
16/09/2010	35	5	1	1	3	9	1	3	1	1	0	0	3	7	1	1
16/09/2010	36	5	3	3	1	9	1	5	6	3	1	3	5	7	1	1

FECHA de lectura	GENOTI POS No.	forma del fruto	color piel del tuberculo	intensidad del color predominante	color secundario de piel	distribución de color secundario	textura de la piel	color predominante de la carne	color secundario carne	distribución color secundario en carne	forma de tubérculo	formas raras	profundidad ojos	numero de ojos	color predominante brote
16/09/2010	1	1	6	3	0	0	3	2	0	0	1	2	3	5	3
16/09/2010	2	1	4	1	0	0	1	1	0	0	2	0	3	3	2
16/09/2010	3	0	4	3	5	1	1	2	0	0	7	0	3	1	2
16/09/2010	4	1	4	3	0	0	1	2	0	0	1	0	5	5	3
21/09/2010	5	0	4	3	0	0	3	2	0	0	3	0	5	3	2
10/09/2010	6	1	4	3	0	0	1	1	0	0	2	0	5	3	2
04/08/2010	7	1	4	3	0	0	3	1	0	0	1	0	7	3	3
16/09/2010	8	0	4	2	0	0	3	1	0	0	5	0	3	1	3
16/09/2010	9	1	6	3	0	0	3	2	0	0	1	0	5	3	3
29/07/2010	10	1	6	3	0	0	3	2	0	0	1	2	3	5	5
16/09/2010	11	1	7	2	0	0	3	1	0	0	2	0	5	3	3
21/09/2010	12	0	2	2	0	0	3	1	0	0	2	0	3	3	3
11/08/2010	13	1	2	2	0	0	1	1	0	0	2	0	5	3	3
11/08/2010	14	1	6	3	0	0	1	2	0	0	5	2	3	1	3
16/09/2010	15	0	2	1	0	0	1	1	0	0	7	0	3	3	2
11/08/2010	16	1	4	1	0	0	1	1	0	0	5	0	3	3	2
04/08/2010	17	1	4	3	0	0	1	2	0	0	1	0	5	3	3
14/06/2010	18	1	3	2	0	0	3	2	0	0	3	0	5	3	2
10/09/2010	19	1	7	2	0	0	3	1	0	0	1	0	5	3	3
17/08/2010	20	1	4	3	0	0	3	1	0	0	1	0	5	3	3
21/09/2010	21	1	7	2	0	0	3	1	0	0	2	0	5	3	2
16/09/2010	22	1	4	3	0	0	1	2	0	0	5	0	3	3	3
11/08/2010	23	1	6	3	0	0	1	2	0	0	7	0	3	1	3
21/09/2010	24	1	4	3	0	0	3	2	0	0	2	0	5	3	3
16/09/2010	25	0	3	2	0	0	1	2	0	0	5	0	3	1	2
16/09/2010	26	0	4	1	0	0	1	1	0	0	7	0	3	3	1
21/09/2010	27	0	4	3	0	0	1	1	0	0	1	0	3	3	2
11/08/2010	28	1	4	3	0	0	1	1	0	0	7	0	3	1	2
21/09/2010	29	0	2	2	0	0	1	1	0	0	2	0	5	3	2
01/09/2010	30	1	8	3	0	0	1	1	0	0	2	0	5	1	3
21/09/2010	31	1	4	3	0	0	1	1	0	0	2	0	3	3	2
11/08/2010	32	1	3	2	0	0	1	1	0	0	7	0	3	1	2
17/08/2010	33	1	4	3	0	0	1	2	0	0	2	0	5	3	2
01/09/2010	34	1	3	2	0	0	1	1	2	5	2	0	5	5	2
16/09/2010	35	1	4	3	0	0	3	2	0	0	2	2	3	3	3
16/09/2010	36	1	3	6	0	0	1	1	0	0	2	0	5	3	3

13.3. Toma de datos de campo, caracterización morfológica, Climentoro Aguacatán.

FECHA toma de datos	GENOTIP OS No.	Habito de crecimiento	Altura de planta	Grado de floración	Madurez follaje (dds)	Color del tallo	Forma de alas del tallo	No. Pares foliolos laterales primarios	No. Pares interhojuelas en raquis principal	No. Pares foliolos laterales secundarios	Sobreposición de foliolos laterales primarios	Forma foliolos terminal	Forma del apice foliolo terminal	Forma base foliolo terminal	Forma del 1er foliolo lateral	Angulo de divergencia	Longitud del pedúnculo
04/07/2010	1	1	5	5	126	3	4	4	4	0	3	1	1	9	1	5	18
04/08/2010	2	1	5	5	126	3	4	4	5	0	3	1	1	5	1	5	12
17/08/2010	3	1	5	3	119	3	4	4	7	1	5	1	1	9	1	7	8
04/08/2010	4	1	5	5	113	3	4	4	4	3	3	1	1	9	1	5	14
04/08/2010	5	3	3	3	113	3	4	4	7	1	3	1	1	5	1	7	5
29/07/2010	6	1	3	3	119	3	4	4	5	3	3	1	1	5	1	5	8
04/08/2010	7	1	3	1	113	1	4	4	4	2	3	1	1	5	1	5	5
04/08/2010	8	3	3	0	97	1	4	4	7	0	5	1	1	5	1	7	0
14/06/2010	9	1	3	3	119	3	3	3	4	0	3	1	1	9	1	5	12
29/07/2010	10	1	3	3	119	3	4	4	4	4	3	1	1	5	1	5	17
11/08/2010	11	1	3	3	119	3	4	4	5	5	3	1	1	5	1	7	14
04/08/2010	12	1	5	3	119	3	3	4	4	2	3	1	1	3	1	7	7
11/08/2010	13	1	3	3	113	3	4	4	5	4	3	1	1	5	1	7	7
11/08/2010	14	1	3	3	119	3	4	4	5	0	3	1	1	5	1	6	8
14/06/2010	15	1	5	3	69	1	1	4	5	1	5	1	1	9	1	4	5
11/08/2010	16	3	3	3	119	1	2	4	6	0	5	1	1	5	1	7	6
04/08/2010	17	3	3	3	113	3	1	3	3	1	3	1	1	5	1	7	8
14/06/2010	18	1	3	3	113	1	1	3	2	0	3	1	1	7	1	4	8
04/08/2010	19	1	3	3	113	3	4	4	3	0	3	1	3	5	1	5	6
14/06/2010	20	1	3	3	119	3	3	4	3	0	3	1	1	9	1	4	14
04/08/2010	21	1	3	3	113	5	4	4	3	1	3	1	3	5	1	7	8
11/08/2010	22	3	5	5	119	3	4	4	5	2	3	1	1	5	1	7	11
11/08/2010	23	1	5	3	119	3	4	4	4	0	3	1	3	5	1	6	6
14/06/2010	24	1	3	3	119	3	3	4	4	0	3	1	1	5	1	3	12
04/08/2010	25	3	3	0	92	1	1	3	3	0	5	1	1	5	1	8	0
04/08/2010	26	3	3	0	92	3	1	4	3	0	3	1	3	5	1	7	0
14/06/2010	27	1	3	5	76	1	2	3	3	1	3	1	1	9	1	8	9
11/08/2010	28	1	5	3	119	3	4	4	6	0	3	1	1	5	1	6	6
29/07/2010	29	1	3	3	76	3	2	4	4	0	3	1	1	5	1	5	5
04/08/2010	30	3	3	5	119	3	3	4	5	0	3	1	3	5	1	7	9
04/08/2010	31	3	3	5	119	3	3	4	6	3	3	1	3	5	1	6	10
11/08/2010	32	1	5	3	119	3	4	4	6	1	3	1	1	5	1	7	6
17/08/2010	33	3	3	3	105	3	1	3	2	0	3	1	1	1	1	7	12
29/07/2020	34	1	3	3	126	1	4	4	0	0	3	2	1	1	2	5	9
29/07/2020	35	1	3	3	113	3	3	4	5	0	3	1	1	5	1	5	9
29/07/2020	36	1	3	3	119	3	3	4	3	0	3	1	1	1	1	5	14

FECHA toma de datos	GENOTI POS No.	Ramificación de inflorescencia	Ubicación articulación pedicelo	Color del pedicelo	Color del cáliz	Simetría del cáliz	Forma lóbulo de cáliz	Forma de base de cáliz	Forma de la corola	Color predominante de la flor	intensidad del color predominante	color secundario	distribución de color secundario	tamaño de la flor	pigmentación de anteras	exposición del estigma	color del fruto
04/07/2010	1	4	5	6	6	1	9	1	5	6	3	1	2	5	7	3	1
04/08/2010	2	5	5	3	7	1	9	1	1	8	2	1	2	3	7	1	1
17/08/2010	3	3	7	8	3	1	9	1	1	6	3	1	2	3	7	1	1
04/08/2010	4	4	5	6	6	2	9	1	3	2	2	1	2	5	7	3	1
04/08/2010	5	2	5	6	3	2	9	1	5	1	2	0	0	3	7	3	1
29/07/2010	6	5	7	8	3	1	9	1	3	6	3	1	2	3	7	3	1
04/08/2010	7	3	5	1	1	1	9	1	5	1	3	0	0	3	7	1	1
04/08/2010	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/06/2010	9	8	7	5	3	1	9	1	5	8	1	1	2	3	7	1	1
29/07/2010	10	4	5	4	5	1	9	1	1	6	3	1	2	3	7	3	1
11/08/2010	11	4	5	8	6	1	9	1	1	6	3	0	0	3	7	3	1
04/08/2010	12	4	5	1	3	1	9	1	3	1	3	0	0	5	7	3	1
11/08/2010	13	4	5	8	6	1	9	1	1	6	3	0	0	3	7	3	1
11/08/2010	14	4	7	8	5	1	9	1	1	6	3	1	3	5	7	3	1
14/06/2010	15	4	5	7	1	1	9	1	5	6	2	1	7	1	7	1	1
11/08/2010	16	4	7	1	1	2	9	1	5	1	3	0	0	5	7	1	1
04/08/2010	17	4	5	1	1	1	9	1	3	1	3	0	0	5	7	1	1
14/06/2010	18	4	5	1	1	2	6	1	5	1	3	1	4	3	7	1	1
04/08/2010	19	4	7	3	3	1	9	1	5	7	3	1	2	5	7	1	1
14/06/2010	20	6	5	5	3	1	6	1	5	8	1	7	4	3	7	1	1
04/08/2010	21	4	7	4	4	1	9	1	3	8	1	1	2	3	7	3	1
11/08/2010	22	6	7	6	6	1	9	1	5	6	3	0	0	7	7	1	1
11/08/2010	23	3	7	8	5	1	9	1	5	7	2	1	2	3	7	3	1
14/06/2010	24	5	5	8	3	1	6	1	5	8	2	1	3	3	7	1	1
04/08/2010	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/08/2010	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/06/2010	27	2	7	1	1	1	6	1	1	1	2	0	0	3	7	1	1
11/08/2010	28	3	7	8	5	1	9	1	5	6	3	1	2	5	7	1	1
29/07/2010	29	3	3	3	1	1	9	1	1	1	1	1	3	1	7	1	1
04/08/2010	30	4	5	4	6	1	9	1	5	7	3	0	0	3	7	3	1
04/08/2010	31	4	5	4	5	1	9	1	5	8	1	1	2	3	7	3	1
11/08/2010	32	3	7	8	5	1	9	1	5	6	3	1	2	3	7	1	1
17/08/2010	33	3	5	8	3	1	9	1	5	6	3	1	2	5	7	3	1
29/07/2020	34	4	3	4	7	1	9	1	1	7	3	1	3	1	7	3	1
29/07/2020	35	4	5	1	1	1	9	1	1	1	3	0	0	3	7	3	1
29/07/2020	36	4	5	4	5	1	9	1	1	8	1	1	2	5	7	1	1

FECHA toma de datos	GENOTI PO No.	Forma del fruto	Color piel del tubérculo	Intensidad del color predominante	Color secundario de piel	Distribución de color secundario	Textura de la piel	Color predominante de la carne	Color secundario carne	Distribución color secundario en carne	Forma de tubérculo	Formas raras	Profundidad ojos	Numero de ojos	Color predominante brote
04/07/2010	1	3	6	3	0	0	3	2	0	0	1	2	3	5	3
04/08/2010	2	1	4	1	0	0	1	1	0	0	2	0	3	3	2
17/08/2010	3	1	4	3	5	1	1	2	0	0	7	0	3	1	2
04/08/2010	4	3	4	3	0	0	1	2	0	0	1	0	5	5	3
04/08/2010	5	1	4	3	0	0	3	2	0	0	3	0	5	3	2
29/07/2010	6	1	4	3	0	0	1	1	0	0	2	0	5	3	2
04/08/2010	7	1	4	3	0	0	3	1	0	0	1	0	7	3	3
04/08/2010	8	0	4	2	0	0	3	1	0	0	5	0	3	1	3
14/06/2010	9	1	6	3	0	0	3	2	0	0	1	0	5	3	3
29/07/2010	10	1	6	3	0	0	3	2	0	0	1	2	3	5	5
11/08/2010	11	1	7	2	0	0	3	1	0	0	2	0	5	3	3
04/08/2010	12	1	2	2	0	0	3	1	0	0	2	0	3	3	3
11/08/2010	13	1	2	2	0	0	1	1	0	0	2	0	5	3	3
11/08/2010	14	1	6	3	0	0	1	2	0	0	5	2	3	1	3
14/06/2010	15	1	2	1	0	0	1	1	0	0	7	0	3	3	2
11/08/2010	16	1	4	1	0	0	1	1	0	0	5	0	3	3	2
04/08/2010	17	1	4	3	0	0	1	2	0	0	1	0	5	3	3
14/06/2010	18	1	3	2	0	0	3	2	0	0	3	0	5	3	2
04/08/2010	19	1	7	2	0	0	3	1	0	0	1	0	5	3	3
14/06/2010	20	1	4	3	0	0	3	1	0	0	1	0	5	3	3
04/08/2010	21	1	7	2	0	0	3	1	0	0	2	0	5	3	2
11/08/2010	22	3	4	3	0	0	1	2	0	0	5	0	3	3	3
11/08/2010	23	1	6	3	0	0	1	2	0	0	7	0	3	1	3
14/06/2010	24	1	4	3	0	0	3	2	0	0	2	0	5	3	3
04/08/2010	25	0	3	2	0	0	1	2	0	0	5	0	3	1	2
04/08/2010	26	0	4	1	0	0	1	1	0	0	7	0	3	3	1
14/06/2010	27	1	4	3	0	0	1	1	0	0	1	0	3	3	2
11/08/2010	28	1	4	3	0	0	1	1	0	0	7	0	3	1	2
29/07/2010	29	1	2	2	0	0	1	1	0	0	2	0	5	3	2
04/08/2010	30	1	8	3	0	0	1	1	0	0	2	0	5	1	3
04/08/2010	31	1	4	3	0	0	1	1	0	0	2	0	3	3	2
11/08/2010	32	1	3	2	0	0	1	1	0	0	7	0	3	1	2
17/08/2010	33	1	4	3	0	0	1	2	0	0	2	0	5	3	2
29/07/2020	34	1	3	2	0	0	1	1	2	5	2	0	5	5	2
29/07/2020	35	1	4	3	0	0	3	2	0	0	2	2	3	3	3
29/07/2020	36	1	3	6	0	0	1	1	0	0	2	0	5	3	3