



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**“ADAPTABILIDAD DE PAPAS NATIVAS (*Solanum* spp.), PROCEDENTES DE LA
PROVINCIA DE CHIMBORAZO, EN EL CANTÓN COTACACHI”**

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

PIJUANGO LAINE ROBERTH ALEXIS

DIRECTOR:

ING. DORIS SALOME CHALAMPUENTE FLORES M.Sc.

IBARRA, 2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

Ibarra, 24 de noviembre del 2020

Dr. Bolívar Batallas, PhD.
DECANO FICAYA

Ab. Clever Torres T. Mgs.
SECRETARIO JURÍDICO

Para los fines consiguientes, el tribunal tutor quienes firman a continuación, **CERTIFICAMOS** haber recibido de manera digital el Trabajo de Titulación: "ADAPTABILIDAD DE PAPAS NATIVAS (*Solanum spp.*), PROCEDENTES DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, EN EL CANTÓN COTACAHÍ" de autoría del señor: Pijuango Laine Roberth Alexis, estudiante de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

Ing. Doris Salome Chalampunte Flores M.Sc.
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

Ing. María José Romero, MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes, MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Misión Institucional:

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE
TITULACIÓN

Ibarra, 24 de noviembre del 2020

Certifico que el trabajo fue desarrollado por el señor Pijuango Laine Roberth Alexis, con cédula de ciudadanía N° 1003464318 bajo mi supervisión

Atentamente,

.....
Ing. Doris Salome Chalampunte Flores M.Sc.
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

.....
Pijuango Laine Roberth Alexis
ESTUDIANTE

Misión Institucional:
Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte de manera digital para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA :	1003464318
NOMBRES Y APELLIDOS:	Roberth Alexis Pijuango Laine
DIRECCIÓN:	Cotacachi - Quiroga
EMAIL:	rapijuangol@utn.edu.ec
TELEFONO FIJO Y MOVIL:	0968769773

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ADAPTABILIDAD DE PAPAS NATIVAS (<i>Solanum spp.</i>), PROCEDENTES DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, EN EL CANTÓN COTACACHI
AUTOR:	Pijuango Laine Roberth Alexis
FECHA:	24 de septiembre de 2020
SOLO PARA TRABAJO DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
DIRECTOR:	Ing. Doris Salome Chalampunte Flores M.Sc.

MISIÓN INSTITUCIONAL: Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

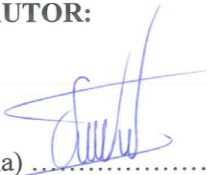
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN NRO. 001-073-CEAACES-2013-13
Ibarra-Ecuador

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que se asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 24 días del mes de noviembre del 2020

EL AUTOR:

(Firma) 

Nombre: Pijuango Laine Roberth Alexis

MISIÓN INSTITUCIONAL: Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a la Ing Doris Chalampunte por haberme brindado la oportunidad de participar en este proyecto y guiarme durante toda esta trayectoria en conjunto con la colaboración del PhD César Tapia por parte del INIAP – DENAREF a mis asesoras Ing María José Romero y Lic Ima Sánchez; que además de enseñarme la parte académica científica incentivaron en mi la superación constante y generar soluciones frente al rescate, conservación y diversificación de las variedades nativas.

A la UNORCAC por la preocupación de rescatar los recursos fitogenéticos en sus 45 comunidades que forman, un agradecimiento especial al Ing Alberto Bonilla por su colaboración en todo momento.

A mis amigos y familiares que me apoyaron en todo momento para llegar a cumplir este sueño tan anhelado.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Problema	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Hipótesis	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Origen e importancia de la papa en el Ecuador	5
2.2 Descripción taxonómica	5
2.3 Morfología	5
2.3.1 El brote	5
2.3.2 La raíz	6
2.3.3 El tallo	6
2.3.4 La hoja	6
2.3.5 La flor	6
2.3.6 El fruto y semilla	6
2.3.7 El estolón	6
2.3.8 El tubérculo	6
2.4 Ciclo vegetativo de la papa (fenología)	7
2.4.1 Dormancia o reposo de la semilla	7
2.4.2 Fase de emergencia	7
2.4.3 Fase de formación de estolones	7
2.4.4 Fase de inicio de floración	8
2.4.5 Fase de floración	8
2.4.6 Fase de tuberización	8

2.4.7 Fase de maduración.....	8
2.5 Plagas y enfermedades del cultivo	8
2.5.1 Emergencia.....	8
2.5.2 Desarrollo.....	8
2.5.3 Floración	9
2.5.4 Tuberización.....	9
2.5.5 Maduración	9
2.6 Producción de Semillas	9
2.6.1 Fisiología del tubérculo semilla	9
2.6.2 Reposo.....	9
2.6.3 Dominancia apical.....	9
2.6.4 Brotación múltiple.....	9
2.6.5 Senescencia	9
2.7 Condiciones de suelo y clima para la siembra	10
2.8 Ecogeografía.....	10
2.9 Capfitogen 2.0	10
2.10 Sistemas de información geográfica - SIG	10
CAPÍTULO III	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	11
3.1 Caracterización morfológica	11
3.1.1 Área de estudio.....	11
3.1.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas	12
3.1.3 Métodos.....	13
3.1.4 Análisis estadístico.....	14
3.1.5 Variables para evaluar.....	14
a) Hábito de crecimiento	14
b) Color de la hoja.....	15
c) Forma de la hoja	15
d) Color del tallo	16
e) Forma de las alas del tallo.....	17
f) Grado de floración	18
g) Forma de la corola	18
h) Color primario de la flor	19
i) Color del Cáliz.....	20
k) Color de la baya	21

l) Forma de la baya.....	21
m)Color de la piel del tubérculo.....	22
n) Forma del tubérculo	23
o) Color de la pulpa y distribución.....	25
p) Color del brote	26
q) Ancho de la baya.....	26
s) Madurez (condiciones de Cotacachi – Imbabura)	27
t) Número de tubérculos/planta	27
v) Tasa de extracción (TEX)	28
w)Calidad sanitaria del tubérculo	28
x) Días a la brotación	28
3.1.6 Manejo específico del experimento	28
3.1.6.1 Delimitación del terreno	28
3.1.6.2 Muestreo y análisis químico del suelo.....	29
3.1.6.3 Preparación del terreno	29
3.2 Caracterización eco geográfica	39
3.2.1 Área de estudio.....	39
3.2.2 Métodos.....	40
CAPÍTULO IV	43
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1 Caracterización morfológica	43
4.1.1 Variabilidad morfoagronómica de datos cuantitativos	43
4.1.2 Variabilidad morfoagronómica de datos cualitativos	44
a) Hábito de crecimiento	44
b) Color del tallo	45
c) Formas de las alas del tallo	45
d) Grado de floración	46
e) Forma de la flor.....	46
f) Color de la flor.....	46
g) Color del cáliz.....	48
h) Color del pedicelo.....	48
i) Color de la baya o fruto	49
j) Forma de la baya.....	49
k) Color primario del tubérculo.....	50

l) Color secundario del tubérculo	50
m) Formas del tubérculo	51
n) Color de la pulpa y distribución.....	52
o) Color del brote	53
4.2 Análisis de conglomerados.....	54
4.3 Valor discriminante para los caracteres cualitativos y cuantitativos.....	56
4.3.1 Caracteres cuantitativos	56
4.3.2 Caracteres cualitativos discriminantes	57
4.4 Análisis de caracteres por grupos conformados	58
a) Hábito de crecimiento	58
b) Color del tallo	59
c) Formas de las alas del tallo	60
d) Color del cáliz.....	61
e) Color del pedicelo	62
f) Grado de floración	62
g) Forma de la flor.....	63
h) Color predominante de la Flor	64
i) Color de la baya	65
j) Forma de la baya.....	66
k) Tubérculo, color predominante.....	67
l) Tubérculo, color secundario	68
m) Tubérculo, distribución del color secundario	68
n) Tubérculo, forma general.....	69
o) Tubérculo, profundidad de los ojos	70
p) Color principal de la pulpa.....	71
q) Color secundario de la pulpa y distribución	72
r) Color principal del brote	73
s) Color secundario y distribución del brote.....	73
4.5 Materiales promisorios	74
4.6 Análisis ecogeográfico	75
4.6.1 Mapa ELC de papa en Carchi, Imbabura y Pichincha.	75
4.6.2 Caracterización ecogeográfica	76
a) Análisis de conglomerados.....	76
c) Variabilidad de datos cualitativos.....	79

CAPÍTULO V	82
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1 Conclusiones	82
5.2 Recomendaciones	82
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXOS	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de la planta de papa.....	7
Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio	11
Figura 3. Esquema de los hábitos de crecimiento de las plantas de papa.....	15
Figura 4. Esquema de la forma de la hoja en las plantas de papa	16
Figura 5. Variación gradual de la pigmentación en el tallo de la papa (no incluye rojizo y morado).....	17
Figura 6. Principales formas de las alas del tallo de la papa.	18
Figura 7. Esquema de las formas de la corola de las flores de papa	19
Figura 8. Esquemas de la distribución del color secundario de las flores de papa.....	20
Figura 9. Formas de la baya de las papas nativas	22
Figura 10. Distribución del color secundario de la piel del tubérculo.....	23
Figura 11. Forma general del tubérculo.....	24
Figura 12. Formas secundarias o inusuales en tubérculo.	24
Figura 13. Distribución del color secundario de los tubérculos	25
Figura 14. Esquemas de distribución del color secundario en el brote del tubérculo.	26
Figura 15. Delimitación del terreno.....	28
Figura 16. Toma de muestras de suelo	29
Figura 17. Preparación del terreno con maquinaria.....	29
Figura 18. Trazado de las parcelas	30
Figura 19. Surcos para establecer el cultivo.	30
Figura 20. Tubérculos semillas procedentes de la provincia de Chimborazo	32
Figura 21. Aplicación de fertilizantes.....	33
Figura 22. Siembra de los tubérculos	34

Figura 23. Siembra de los tubérculos	34
Figura 24. Retape del cultivo.....	35
Figura 25. Limpieza de malezas	35
Figura 26. Aporque en la papa.	36
Figura 27. Controles fitosanitarios	36
Figura 28. Trampas.....	37
Figura 29. Monitoreo de plagas.....	37
Figura 30. Cosecha de los tubérculos	38
Figura 31. Almacenamiento de las variedades	39
Figura 32. Flujograma de proceso general de Capfitogen.....	41
Figura 33. Hábito de crecimiento: 1 Semi-erecto, 2 Decumbrente, 3 Postrado	45
Figura 34. Color del tallo. 1 Verde, 2 Verde poco pigmentado, 3 Morado.....	46
Figura 35. Color principal de la flor: 1 Blanco, 2 Violeta azulado, 3 Violeta, 4 Violeta oscuro, 5 Violeta azulado claro.	47
Figura 36. Formas de la baya. 1 Ovoide, 2 Cónica, 3 Periforme.	49
Figura 37. Colores de la baya. 1 Verde, 2 Verde con pocos puntos blancos, 3 Verde con áreas pigmentadas.....	50
Figura 38. Color predominante del tubérculo. 1. Crema, 2. Amarillo, 3. Rojo, 4. Negruzco	50
Figura 39. Colores secundarios de los tubérculos. 1 En los ojos, 2 Manchas salpicadas, 3 Como anteojos	51
Figura 40. Color predominante 1 Blanco, 2 Amarillo.....	53
Figura 41. Color secundario 1 Ausente, 2 Pocas manchas moradas	53
Figura 42. Color del brote: 1 Blanco, 2 Rojo, 3 Violeta, 4 Morado.....	54
Figura 43. Dendrograma obtenido por el análisis de conglomerados para las variables cualitativas y cuantitativas en ocho materiales de papa nativa (<i>Solanum tuberosum</i> .) basada en las distancias genéticas de Gower, según los datos morfológicos.....	55
Figura 44. Porcentaje del hábito de crecimiento de las variedades nativas en los grupos conformados.	59
Figura 45. Hábito de crecimiento: 1.- Decumbente, 2.- Semi-erecto y 3.- Postrado.....	59
Figura 46. Porcentaje de color de tallo de las variedades nativas	60
Figura 47. Color del tallo: 1: Verde, 2: Verde con pocas manchas, 3: Pigmentado con poco verde y 4.- Morado.....	60

Figura 48. Porcentaje de forma de las alas del tallo en grupos conformados	61
Figura 49. Porcentaje del color del cáliz de las papas nativas en grupos conformados	61
Figura 50. Porcentaje de color del pedicelo de los materiales de papa nativa en grupos conformados.	62
Figura 51. Porcentaje de grado de floración en las variedades nativas en grupos conformados	62
Figura 52. Grado de floración: 1.- Floración profusa, 2.- Floración moderada	63
Figura 53. Porcentaje de forma de la corola de los materiales de papa nativa en grupos conformados	63
Figura 54. Forma de la corola: 1: Pentagonal, 2: Rotada, 3: Muy rotada.....	64
Figura 55. Color predominante de papa nativa en grupos conformados.	64
Figura 56. Color predominante de la flor: 1.- Blanco, 2.- Púrpura, 3.- Violeta azulado claro, 4.- Violeta oscuro, 5.- Violeta azulado.....	65
Figura 57. Porcentaje de color de la baya de las variedades nativas en grupos conformados.	65
Figura 58. Color de la baya: 1.- Verde, 2.- Verde con pocos puntos, 3.- Verde con áreas pigmentadas.	66
Figura 59. Porcentaje de forma de la baya de las variedades nativas en grupos conformados	66
Figura 60. Forma de la baya: 1.- Ovoide, 2.- Cónica, 3.- Periforme.....	67
Figura 61. Porcentaje de color predominante en el tubérculo de las variedades nativas en grupos conformados	67
Figura 62. Color predominante del tubérculo: 1.- Crema, 2.- Negruzco, 3.- Amarillo, 4.- Rojo.	68
Figura 63. Porcentaje de color secundario en el tubérculo de las variedades nativas en grupos conformados	68
Figura 64. Porcentajes de distribución del color secundario en el tubérculo de los materiales de papa nativa en grupos conformados.	69
Figura 65. Distribución del color secundario: 1.- Como anteojos, 2.- En los ojos.....	69
Figura 66. Porcentaje de forma general del tubérculo de las variedades nativas en grupos conformados.	70
Figura 67. Forma general del tubérculo: 1.- Comprimido, 2.- Redondo, 3.- Ovalado, 4.- Obovado, 5.- Alargado	70
Figura 68. Porcentaje de profundidad de los ojos de los tubérculos en las variedades nativas en grupos conformados.	71

Figura 69. Porcentaje de color principal en la pulpa del tubérculo de las variedades nativas en grupos conformados.	71
Figura 70. Porcentaje del color secundario en la pulpa de los tubérculos de las variedades nativas en grupos conformados.	72
Figura 71. Porcentaje de distribución del color secundario en la pulpa de los tubérculos de los materiales de papa nativa en grupos conformados.	72
Figura 72. Porcentaje del color principal en el brote de los tubérculos en los materiales de papa nativa en grupos conformados.	73
Figura 73. Color primario del brote: 1.- Blanco, 2.-Rojo, 3.- Morado, 4.- Violeta.....	73
Figura 74. Porcentaje de color secundario en los brotes de los tubérculos en las variedades nativas, en grupos conformados.	74
Figura 75. Frecuencias absolutas de las categorías ELC en el cultivo de papa.....	75
Figura 76. Frecuencias de categorías eco-geográficas del cultivo de papa en la zona norte del Ecuador	76
Figura 77. Dendrograma obtenido por el análisis de conglomerados para las variables cualitativas y cuantitativas de 85 materiales de papa (<i>Solanum tuberosum</i> .) basada en las distancias genéticas de Gower, según los datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos.	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del área de estudio.....	11
Tabla 2. Datos pasaporte de los sitios de colecta de donde provienen las variedades nativas de papa.....	12
Tabla 3. Características de las parcelas experimentales en la zona de estudio.	14
Tabla 4. Formas de la hoja y números de foliolos presentes en la papa.....	16
Tabla 5. Color del tallo presente en las variedades de papa	17
Tabla 6. Formas de las alas del tallo presente en la papa.	17
Tabla 7. Grado de floración presente en el cultivo de papa.	18
Tabla 8. Color primario y secundario de la flor de papa	19
Tabla 9. Color del cáliz.....	21
Tabla 10. Color predominante y color secundario de los tubérculos	22
Tabla 11. Formas que presentan los tubérculos.....	23
Tabla 12. Color predominante y secundario del tubérculo.....	25
Tabla 13. Color predominante y secundario del brote.....	26

Tabla 14. Días a la madurez que presentan los tubérculos	27
Tabla 15. Peso de tubérculos por categorías.....	27
Tabla 16. Requerimientos, fertilizantes calculados para el área del ensayo 1000m ²	32
Tabla 17. Fertilizantes foliares, usos y cantidades calculadas para el ensayo 1000m ²	33
Tabla 18. Insumos utilizados en el control químico	38
Tabla 19. Variables ecogeográficas compiladas como capas del sistema de información geográfica.	41
Tabla 20. Evaluación de los descriptores cuantitativos	43
Tabla 21. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de hábito de crecimiento en ocho variedades de papa nativa.....	44
Tabla 22. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del tallo en ocho variedades de papa nativa.	45
Tabla 23. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de forma de la corola en ocho variedades de papa nativa.	46
Tabla 24. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del color de la flor en ocho variedades de papa nativa.....	47
Tabla 25. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del color del cáliz de la flor en ocho variedades de papa nativa.	48
Tabla 26. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del pedicelo de la flor en ocho variedades de papa nativa.	48
Tabla 27. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas en el color de la baya de ocho variedades de papa nativa.	49
Tabla 28. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la baya en ocho variedades de papa nativa.	49
Tabla 29. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la piel del tubérculo en ocho variedades de papa nativa.	50
Tabla 30. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del color secundario del tubérculo en ocho variedades de papa nativa.	51
Tabla 31. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la forma del tubérculo en ocho variedades de papa nativa.	52
Tabla 32. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del color de la pulpa tubérculo en ocho variedades de papa nativa.	52
Tabla 33. Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del brote del tubérculo en ocho variedades de papa nativa.	54

Tabla 34. Valores promedio para caracteres cuantitativos de los tres grupos de papa nativa (<i>Solanum tuberosum</i> .).....	56
Tabla 35. Valores promedio para caracteres cualitativos de los tres grupos de papa nativa (<i>Solanum tuberosum</i>).	57
Tabla 36. Evaluación de materiales promisorios para el cantón de Cotacachi.....	74
Tabla 37. Variables cuantitativas ecográficas del cultivo de papa en la zona norte del Ecuador.....	78
Tabla 38. Variables cualitativas del cultivo de papa en la zona norte del Ecuador.....	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Frecuencias relativas obtenidas de las 10 variedades de papas nativas (<i>Solanum tuberosum</i> L.) provenientes de la Provincia de Chimborazo.....	90
Anexo 2. Materiales nativos de papa variedad Mami	92
Anexo 3. Materiales nativos de papa variedad Norteña	93
Anexo 4. Materiales nativos de papa variedad Chaucha roja.....	93
Anexo 5. Materiales nativos de papa variedad Chaucha Amarilla.....	93
Anexo 6. Materiales nativos de papa variedad Pan	94
Anexo 7. Materiales nativos de papa variedad Chaucha Larga Amarilla	94
Anexo 8. Materiales nativos de papa variedad Bolona Amarilla	94

“ADAPTABILIDAD DE PAPAS NATIVAS (*Solanum spp.*), PROCEDENTES DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO, EN EL CANTÓN COTACACHI”

Autor: Alexis Pijuango

Universidad Técnica del Norte

Correo: arpijuangol@utn.edu.ec

RESUMEN

En Ecuador existen alrededor de 500 variedades de papas nativas, las que representan la base genética que sustenta la seguridad y soberanía alimentaria de la población. En la actualidad existe preocupación pública por la conservación de los recursos fitogenéticos, ya que estas variedades tienen presencia marginal en las chacras y a nivel de mercados por la falta de uso y la preferencia por variedades mejoradas, ocasionando así procesos de erosión genética. En este sentido, surge la necesidad de evaluar la adaptación de papas nativas, procedentes de la provincia de Chimborazo, a las condiciones edafoclimáticas del cantón Cotacachi, con la finalidad de dar alternativas a los agricultores para diversificar sus parcelas productivas. Tomando en cuenta estos antecedentes, se evaluó el comportamiento agronómico y las características morfológicas de diez variedades de papas nativas, las cuales fueron ubicadas en el sector de Turuco-Cotacachi. Se emplearon 24 descriptores (16 cualitativos y ocho cuantitativos) propuestos por el Centro Internacional de la Papa. Como resultado de la variabilidad morfológica, se obtuvo nueve caracteres discriminantes cuantitativos, en donde el grupo uno está representado por tres variedades: a) Chaucha Bolona Amarilla, b) Chaucha Amarilla de flor blanca y c) Chaucha Amarilla de flor morada. El grupo dos por las variedades: a) Chaucha Roja y b) Chaucha Larga Amarilla y el grupo tres por las variedades: a) Norteña, b) Papa mami y c) Papa pan. Además, se presentaron 25 caracteres cualitativos discriminantes donde las variables más importantes para la diferenciación fueron color del pedicelo y la forma del tubérculo. A su vez, por medio del mapa ELC se identificaron ocho categorías y la distribución de estas, en donde se refleja que la categoría 1 es propia de la zona fronteriza entre Carchi e Imbabura, mientras que las demás categorías se distribuyen en toda la zona de estudio.

Palabras clave: Conservación, adaptación, recursos fitogenéticos, seguridad alimentaria, tubérculos andinos

"ADAPTABILITY OF NATIVE PAPAS (*Solanum* SPP.), FROM THE CHIMBORAZO PROVINCE, IN THE COTACACHI CITY"

Author: Alexis Pijuango

Email: arpijuangol@utn.edu.ec

ABSTRACT

In Ecuador there exists around 500 varieties of native potatoes. They sustain the food security and sovereignty of the population. Nowadays there exists public concern for the conservation of phylogenetic resources these varieties have a marginal presence on farms and at market level because of the lack of use and preferences for better varieties causing the process of genetic erosion. Because of this a necessity arises to evaluate the adaptation of native potatoes originating from Chimborazo to the edaphoclimatic conditions of Cotacachi district with the end result being able to give alternatives to farmers to diversify their productive plots of land. Taking into account this background the agronomical behavior and morphological characteristics of ten varieties of native potatoes located in the sector of Turco, Cotacachi. They used 24 codes (16 qualitative and 8 quantitative) proposed by the International potato center. As a result of the morphological variability nine new characteristics were obtained with discriminating quantitative in which the group is represented by three varieties: a) Chaucha Bolona Amarilla b) Chaucha Amarilla de flor blanca c) Chaucha amarilla de flor morada. What's more there were 25 qualitative discriminating characteristics where the most important variables for differentiation were color of the pedicel and the shape of the tuber. At the same time in the province of Imbabura, Pichincha, and Carchi ultrasound characterization was done through the use of the program CAPITOGEN to find out the places where native species were frequently developed. Through the ELC map eight categories were identified. The distribution of these is shown to belong to the category in the frontier zone between Carchi and Imbabura. Meanwhile the other categories were distributed in all of the zones of the investigation and study.

KEY WORDS: Conservation, adaptation, cytogenetics resources, food security, andean tubers.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La mayor biodiversidad genética de papa silvestre y cultivada se encuentra en las tierras altas de la región interandina de Ecuador, Perú y Bolivia; en Ecuador se estima que existen alrededor de 2 000 especies conocidas dentro del género *Solanum*, entre 160 y 180 son del grupo de los tubérculos, de los cuales únicamente ocho son especies comestibles cultivadas (Pumisacho y Sherwood, 2002).

Los tubérculos nativos tienen un valor importante para los científicos y los agricultores por sus características organolépticas, propiedades nutricionales y por su tolerancia a condiciones edafoclimáticas adversas, plagas y enfermedades; la mayor importancia de estas especies es la fuente de obtención de genes para realizar trabajos de mejoramiento genético, desarrollo y liberación de variedades mejoradas (Monteros, Reinoso y Villacrés, 2010).

Otra de las características intrínsecas que contienen las papas nativas son las formas variadas, colores vistosos, que aportan altas cantidades de proteína, fibra y antioxidantes llegando a contener hasta 10.6 g de proteína, 6.1 g de fibra, 87.5 g de almidón, 2 103 mg de K, 16.5 mg de Fe, 5 mg de Zn, polifenoles totales 646 y carotenos totales 11.3µg/g de muestra (Monteros et al., 2010)

Es así, que el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en el año 1994 realizó una colección de papas cultivadas en el país; resultado de esa colecta se identificaron 400 diferentes tipos entre las subespecies *andigena* y *phureja* (Andrade, 1980). Sin embargo, se registra que en el país se siembran anualmente las variedades Superchola y Gabriela, representando más del 50% del área total cultivada (Sistema de Información Pública Agropecuaria - SIPA, 2018).

De la misma manera, de los materiales nativos colectados se han realizado diversos estudios para identificar la variabilidad genética de cada una de ellas; la caracterización morfoagronómica en donde identificaron descriptores discriminantes altamente significativos que son: hábito de crecimiento de la planta, distribución del olor secundario del brote y color secundario de la flor (INIAP, 2015).

Por otro lado, se han realizado estudios relacionados con la adaptabilidad en diferentes pisos altitudinales que fueron en las localidades de Cañar (3 500 msnm) y Azuay (3 090 msnm) donde las variedades nativas tardías (Bolonas, Jubaleñas) superan en el rendimiento a la variedad comercial (Super chola) con valores superiores a 1 383 kg/planta y 30 tubérculos/planta (Lucero, 2017)

En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son consideradas herramientas informáticas de apoyo que permiten generar una diversidad de información espacial como: mapas temáticos, mapas de áreas de protección, hábitat de especies en peligro de extinción, también se ha evidenciado que los bancos nacionales de germoplasma

apoyados por un SIG ayuda a sistematizar y generar una expresión espacial – territorial y por medio de estos diseñar un plan adecuado de estrategias de conservación del germoplasma existente en una zona de estudio (Moreira,1996).

Un ejemplo, es la conservación *in situ* de variedades de papa nativa del Ecuador mediante el uso del programa DIVA GIS 4.2 con lo que se determina que las zonas de conservación para el cultivo de papa son más sustentables en Chimborazo, mientras que en Carchi y Loja son zonas vulnerables para realizar esta actividad (Monteros-Altamirano, 2018). También existen otras herramientas informáticas empleadas para la conservación del germoplasma, CAPFITOGEN 2.0 utilizado en Europa donde uno de los criterios para la elección de dichas áreas es la diversidad ecogeográfica de los sitios donde concurren poblaciones silvestres de estos acervos (Parra-Quijano, Iriondo, Frese y Torres, 2012)

Con respecto la caracterización ecogeográfica, en diferentes países se han propuesto diversos criterios para la adaptación de variedades en distintos ambientes ecológicos (Zimmer, 1998). Es así, que en Ecuador se realizó un estudio ecogeográfico correspondiente a raíces y tubérculos andinos, en donde se identificaron los rangos de temperatura promedio anual para: mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav) de 7.1 °C a 0.6 °C, para melloco (*Ullucus tuberosus* C.) de 13.4 °C a 7.2 °C y para oca (*Oxalis tuberosa* M.) de 9.5 °C 7.7 °C y la precipitación anual en mashua de (786 mm), melloco (967 mm), para oca (861 mm) también se determinó germoplasma con posible tolerancia a condiciones de estrés abiótico mashua (ECU-1105= 2, ECU-8769= 11), melloco (ECU-875=2, ECU-792=1, ECU-8501= 5) y oca (ECU-8893= 7, ECU8894=6) (Naranjo et al. 2018).

1.2 Problema

El monocultivo produce la erosión genética y es uno de los problemas principales ya que en el Ecuador se cultivan alrededor de tres variedades mejoradas de papa que son: Superchola 55%, Única 8%, Fri papa 5%, principalmente (SIPA, 2018), efecto que conlleva a un efecto negativo ya que las variedades nativas de papa ya no son cultivadas o se quedan en los márgenes de las pequeñas parcelas o chacras de los agricultores.

Otro de los problemas que se ha evidenciado es la migración del campesino hacia la ciudad, que ha causado que la producción y comercialización de las variedades nativas se disminuya alrededor del 50%, por ende, los efectos que se generan son: pérdida de material genético, olvido de los saberes ancestrales, cambio de hábito alimenticio, desvalorización de los alimentos propios, el desconocimiento de las propiedades que contienen los tubérculos nativos, por lo que no se ha dado el valor agregado para seguir produciendo a escalas considerables en donde no se registren pérdidas de la diversidad genética (Yumisaca, 2016).

Los estudios de caracterización morfoagronómica y adaptabilidad de papa nativa únicamente se encuentran enfocadas en las provincias de Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua y Loja, existiendo vacíos de información en la provincia de Imbabura. Por otro lado, el estudio de adaptabilidad de las variedades nativas hacia

diferentes ecosistemas de origen es una alternativa de rescate, conservación y diversificación aplicado a especies criollas en peligro de extinción.

Los estudios registrados en la zona Interandina del Ecuador con respecto a la adaptabilidad existen con rangos de altitud: Cañar (3 500 msnm) y Azuay (3 090 msnm) (Lucero, 2017); Cutuglagua-Pichincha (2 800 msnm), Pujilí-Cotopaxi (2 980 msnm) y Pilahuin-Tungurahua (3 300 msnm) (Chávez, et al., 2013) existiendo vacíos de información en la provincia de Imbabura ya que se desconoce el comportamiento de los materiales en estudio sobre pisos altitudinales de 2 400 msnm o menor altitud.

Por otro lado, la conservación en fincas ha tenido una baja viabilidad ya que en ciertos casos no se ha tomado en cuenta aspectos edafoclimáticos como: precipitaciones, temperaturas, altitud, porcentaje de materia orgánica, pH, entre otros, debido a que no se cuenta con un mapa temático en donde se refleje la variación climática de los sitios designados para la conservación.

Es así que, el Ministerio de Agricultura Ganadería – MAG (2014) generó un mapa de zonificación agroecológica en donde proporcionan información de la zona andina, descrita en cuatro categorías para el establecimiento del cultivo de papa que son: potencialidad alta (0.92%), potencialidad media (1.62%), potencialidad baja (4.00%) y sin potencialidad (93.00%); información que permite orientar el manejo y conservación del cultivo en sitios que registren potencialidad alta y media, sin embargo, existen materiales que se encuentran desarrollándose en sitios con baja y sin potencialidad, mismos que se vuelven atractivos para el investigador ya que pueden dar inicios de adaptabilidad al cambio climático, pero al no contar con un estudio ecogeográfico se dificulta conocer y aprovechar las características de adaptabilidad y resistencia a múltiples factores abióticos que puede tener los materiales en estudio.

1.3 Justificación

En el Ecuador los tubérculos nativos del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) son considerados como material fitogenético importante para los científicos y los agricultores, pues mediante su uso realizan trabajos de mejoramiento genético que permite la liberación de variedades mejoras que trae consigo beneficios de adaptabilidad e incremento en el rendimiento (Monteros et al. 2010).

Sin embargo, en la actualidad la conservación de estos materiales se encuentra en un estado de erosión genética debido a que en las chacras de los agricultores son considerados como marginales y a nivel de los mercados están por debajo de las variedades mejoradas.

Por lo descrito anteriormente surge la necesidad de evaluar la adaptabilidad de diez materiales fitogenéticos de papas nativas proveniente de la provincia de Chimborazo en un diferente ecosistema de origen como es el Cantón Cotacachi-Imbabura, es así que este estudio se pretende brindar una alternativa de rescate, conservación y sobre todo diversificación de las variedades nativas de papa en peligro de extinción y a su vez, diversificar las chacras de los agricultores de Cotacachi al lograr identificar los materiales promisorios más adaptables a la zona.

Por otro lado, el propósito de este estudio es caracterizar ecogeográficamente la colección de papas provenientes de las provincias de Imbabura, Pichincha y Carchi y así proporcionar un mayor conocimiento e información a futuras investigaciones sobre las probables razas de papas nativas que exhiben rasgos de adaptabilidad de interés.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la adaptabilidad de papas nativas (*Solanum* spp.), procedentes de la provincia de Chimborazo, en el cantón Cotacachi.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento morfoagronómico de diez variedades de papas nativas bajo las condiciones edafoclimáticas del cantón Cotacachi.
- Identificar materiales adaptados a la zona y con interés agronómico para la distribución en las chacras de agricultores.
- Caracterizar ecogeográficamente sitios donde se concentra la variabilidad de papa nativa a nivel de la zona norte altoandina de Ecuador.

1.5 Hipótesis

La caracterización morfoagronómica permite identificar la adaptación y variabilidad genética existente de papa nativa, además de rescatar y diversificar las chacras de los pequeños agricultores de Cotacachi.

Ho: La caracterización morfoagronómica y ecogeográfica no permite identificar la diversidad genética de las papas nativas.

Ha: La caracterización morfoagronómica y ecogeográfica permite identificar la diversidad genética de las papas nativas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Origen e importancia de la papa en el Ecuador

Las primeras papas cultivadas fueron seleccionadas entre 6 000 y 10 000 años atrás distribuidas en las montañas de los Andes de América del Sur en el altiplano y se pueden encontrar hasta los 4 300 msnm (Rodríguez, 2010). El centro de domesticación de la papa se encuentra en los alrededores del Lago Titicaca cerca con la frontera actual entre Perú y Bolivia (Pumisacho y Sherwood, 2002). México, Bolivia y el norte de Argentina son localidades consideradas como centros de diversificación (Morales, 2011).

La papa es considerada como el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo ya que aporta una gran cantidad de carbohidratos a millones de personas en los países en vías de desarrollo, siendo fundamental para los países de América del Sur y África (Chávez, 2008). En el Ecuador la papa ha sido tradicionalmente un cultivo perteneciente a los pisos altitudinales entre los 2 000 hasta 3 600 msnm y se considera uno de los rubros más importantes de los sistemas de producción de la sierra ecuatoriana (Guerrero, 2007).

2.2 Descripción taxonómica

La descripción taxonómica de la papa (*Solanum tuberosum* L.) (Montaldo, 1984) se detalla a continuación.

- Reino: Plantae
- Clase Angiospermae
- Subclase: Dicotiledonea
- Orden: Tubiflorales
- Familia: Solanaceae
- Género: *Solanum*
- Especie: *Solanum tuberosum*
- Subespecies: subsp. *phureja*, subsp. *andigena*

2.3 Morfología

La papa pertenece a la familia botánica Solanaceae, las especies cultivadas son las tetraploides ($2n=48$) en su mayoría; es una planta suculenta, herbácea y anual por su parte aérea y perenne por sus tubérculos que se desarrollan al final de los estolones que nacen del tallo principal y a veces de varios tallos, según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo; se considera una planta dicotiledónea potencialmente perenne debido a su capacidad de reproducción por tubérculos (Huaraca, Montesdeoca y Pumisacho, 2009).

2.3.1 El brote

Es un tallo que se origina en la yema del tubérculo; el tamaño y apariencia del brote varía según las condiciones en las que se ha almacenado. Los elementos que conforman el brote son: yema lateral, yema terminal, pelos, lenticelas, nudo, primordios radiculares (Punina, 2013).

2.3.2 La raíz

La semilla sexual produce una raíz principal fibrosa con raíces absorbentes secundarias y terciarias; el tubérculo semilla (asexual) produce raíces adventicias muy fibrosas que nacen en número de 3 a 5 en los brotes superiores de los nudos de la parte subterránea del tallo principal; se estima que puede llegar hasta 30 cm de profundidad promedio, mientras que las raíces fibrosas laterales pueden llegar a medir hasta 1.20 m de profundidad en suelos francos y profundos (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal - CENTA, 2008).

2.3.3 El tallo

Son aéreos, gruesos, fuertes y angulosos, de tonalidades verde-pardo, inicialmente poseen una estructura vertical (alcanzando alturas desde 0.5 m hasta 1.2 m); mientras avanza en altura y edad va perdiendo potencia y va desarrollándose hacia el suelo hasta alcanzar la senescencia. Se encuentra conformado por: tallo principal, tallo secundario, tallo estolonífero, la rama, el estolón y el tubérculo (Barrera, Tapia y Monteros, 2003).

2.3.4 La hoja

Son alternadas las primeras hojas que tienen aspecto simple, vienen después de las hojas compuestas imparipinadas con tres pares de hojuelas laterales y una hojuela terminal con 3 a 4 folíolos opuestos de forma ovalada; en algunas variedades se presentan hojuelas laterales en segundo orden (Zimmerer, 1998).

2.3.5 La flor

Es un vástago muy modificado, especializado en la reproducción; las hojas modificadas que forman las partes de la flor son: antofilos, pedúnculo, pedicelo, son hermafroditas, pentámeras y autofecundadas que presentan diferentes colores según la variedad; pueden ser blancas, amarillas, azules o rojizas y de tamaño pequeño (Huarancana, 2010).

2.3.6 El fruto y semilla

El fruto es una baya redonda que crece posterior a la floración y es la encargada de contener las semillas sexuales de la papa, en el interior de la baya existen de 200 a 300 semillas que tienen la finalidad de realizar programas de fitomejoramiento para obtener semilla certificada (Andino e Imbacuán, 2017).

2.3.7 El estolón

Es un tallo subterráneo, especializado en traslocar los fotoasimilados desde el follaje para almacenarlos en el tubérculo en forma de reserva de almidones (Velasco, 2014).

2.3.8 El tubérculo

Es la porción apical de estolón cuyo crecimiento es fuertemente comprimido y orientado hacia los costados (expansión lateral), es especializado para el almacenamiento de los excedentes de energía (almidón) (Egúsqiza, 2000). Las variedades nativas tienen color predominante de la piel del tubérculo, color secundario muy variado; la forma del tubérculo de igual manera es diversa ya que existen formas como: comprimido, esférico,

ovoide, oblongo, largo-oblongo, alargado, fusiforme, tuberculizado, curvados (Centro Internacional de la Papa [CIP], 2000). En la Figura 1 se puede identificar la planta de papa con todas sus estructuras vegetales.

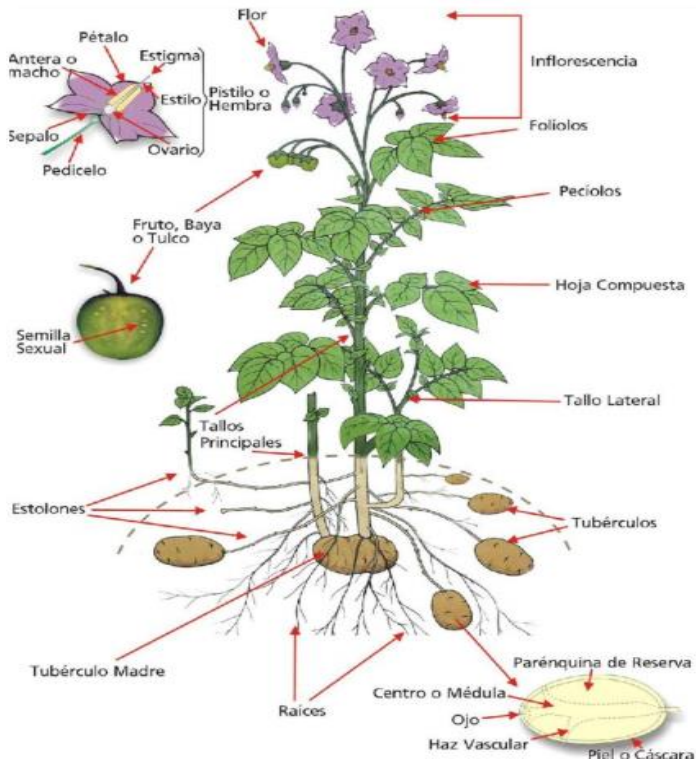


Figura 1. Esquema general de la planta de papa

Fuente: Huarte y Capezio (2013)

2.4 Ciclo vegetativo de la papa (fenología)

2.4.1 Dormancia o reposo de la semilla

La dormancia comprende el tiempo que transcurre desde la cosecha hasta la brotación; el tubérculo semilla tiene un periodo de 2 a 3 meses y para la semilla sexual entre 4 a 6 meses; la dormancia puede ser inducida o interrumpida por heridas o algún daño causado por enfermedades o fitoplasmas, en estos casos la inicia el proceso de brotación en menor tiempo. Otro método de inducción es por método químico en el que se emplea ácido giberélico en dosis de 1 a 5 ppm (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria - INTA, 2004).

2.4.2 Fase de emergencia

Corresponde a la aparición de las primeras hojas sobre la superficie del suelo (Punina, 2013).

2.4.3 Fase de formación de estolones

Inicia cuando las yemas de la parte subterránea de los tallos inician su crecimiento horizontal en forma de ramificación lateral (Huarte y Capezio, 2013).

2.4.4 Fase de inicio de floración

Los primeros botones florales aparecen, el pedúnculo floral y la inflorescencia crecen cuando el tallo principal ha finalizado su crecimiento e inicia la floración; en algunas variedades la floración se encuentra relacionada con el comienzo de la tuberización (Velasco, 2014).

2.4.5 Fase de floración

Inicia con la apertura de los primeros botones florales emitiendo flores; en algunas variedades la floración es escasa o nula mientras que en otras variedades la floración se evidencia muy abundante (Andino e Imbacuán, 2017).

2.4.6 Fase de tuberización

Se evidencia a partir del engrose de los tubérculos ubicados en los estolones; el engrose inicia cuando se da la asimilación de los fotoasimilados que descienden hacia los estolones y se almacenan en forma de almidón (Montaldo, 1984).

2.4.7 Fase de maduración

Inicia cuando la parte aérea de la planta alcanza su máximo desarrollo e inicia el proceso de senescencia tornándose las hojas de color amarillento; el indicador fisiológico de la madurez de la planta es cuando se presiona al tubérculo y no pierde la cáscara (Barrera, Tapia y Monteros, 2003).

2.5 Plagas y enfermedades del cultivo

El término de plagas o peste se refiere al conjunto de anomalías que se presentan durante el crecimiento y funcionamiento del cultivo causadas por agentes bióticos y abióticos; esta definición incluye además de insectos a las enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus y aquellas causadas por factores como deficiencias nutricionales, salinidad, heladas y granizos (Pumisacho y Sherwood, 2002).

El Manejo Integrado de Plagas - MIP, es un conjunto de actividades y métodos de control que ayuda mutuamente, planificando y ejecutando cuidadosamente en un ámbito que vaya más allá del ciclo del cultivo (Diogardo, 2014).

2.5.1 Emergencia

Varios patógenos que han quedado alrededor del tubérculo semilla en el suelo, materia orgánica, y en restos de otras plantas tienden a infectar a los brotes y tallos tiernos. Los patógenos que pueden afectar son: *Rhizoctonia solani* J.G. (Kühn), *Spongospora subterranea* f. sp. subterranea, *Streptomyces scabies* L., *Bactericera* spp., *Fusarium* spp., *Pemnotrypes vorax* (Hustache) (Huarancana, 2010).

2.5.2 Desarrollo

En esta etapa fisiológica se presentan las siguientes plagas: *Pemnotrypes vorax* (Hustache), *Epitrix* spp., *Frankliniella occidentalis* P., *Bactericera cockerelli* (Sulc.). Las

enfermedades son: *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, dependiendo de la época se puede presentar *Puccinia pittieriana* (Henn) (Egúsqüiza y Catalán, 2011).

2.5.3 Floración

Se puede evidenciar la presencia de virus, por parte de las bacterias *Pectobacterium* spp. y hongos Oomicetes como *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, insectos como *Liriomyza* spp. (Montesteoca et al., 2013).

2.5.4 Tuberización

Se presentan *Rhizoctonia solani* J.G. (Kühn), *Spongospora subterranea* f. sp. subterranea.

2.5.5 Maduración

En el almacenaje se debe tomar precauciones para evitar la presencia de *Tecia solanivora* (Povolny), *Symmetrischema tangolias* (Gyem), *Phthorimaea opercuella* (Zeller). (Pumisacho y Velásquez, 2013).

2.6 Producción de Semillas

La Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura 2017 menciona los pasos para tener una semilla certificada. Consta de tres pasos: Pre-básica, Básica, Registrada y Certificada, en todos estos procesos se darán seguimiento y fiscalización por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

2.6.1 Fisiología del tubérculo semilla

Son los procesos de cambio que se dan en el interior hasta cuando presenta brotes múltiples (INTA, 2004).

2.6.2 Reposo

Es el estado durante el cual las yemas de un tubérculo de papa no pueden brotar, aun cuando se encuentran bajo condiciones favorables para el crecimiento de las yemas debido a factores endógenos (control bioquímico u hormonal) (Vejarano y Morales, 2014).

2.6.3 Dominancia apical

Luego de la dormancia, las yemas en los ojos del tubérculo se activan e inician a crecer y formar brotes. La yema apical comienza a brotar primero marcando el comienzo del estado de dormancia apical (Peña, 2009).

2.6.4 Brotación múltiple

Es el estado en el que todos los ojos contienen su respectivo brote. Se considera el estado ideal para sembrar el tubérculo-semilla, el tamaño adecuado va desde 0.2 a 0.5cm (Sánchez y Ortega, 2011).

2.6.5 Senescencia

Se caracteriza por los siguientes síntomas: excesivo deterioro de los brotes, tubérculos arrugados, flácidos, producción de brotes largos y débiles, los tubérculos sembrados en estado de senectud no generan rendimientos deseados (Vejarano y Morales, 2014).

2.7 Condiciones de suelo y clima para la siembra

La papa requiere 8°C a 24°C en una altitud de 2200 a 3600 m.s.n.m. y una acumulación de horas frío que depende de la variedad y el suelo agrícola que requiere la papa son de textura tipo medio, sueltos, con tendencia de sustratos ácidos, con buena proporción de ácidos orgánicos con pH entre 6.5 y 7 (Egúsqüiza y Catalán, 2011).

2.8 Ecogeografía

Consiste en el estudio del escenario adaptativo de un individuo, población o especie mediante el análisis de factores bióticos y abióticos que condicionan su supervivencia que se fundamenta en la siguiente fórmula: Fenotipo (producto de los genes modelados por el ambiente, objetivo final de la mejora)= Genotipo (Información heredada y heredable) + Ambiente + Interacción genotipo x ambiente (Efecto de los genes y sus productos, puede tener tanto peso que condiciona la aparición o no de genotipos) (Parra-Quijano y Torres, 2016).

2.9 Capfitogen 2.0

Es un software enfocado en el desarrollo de tecnologías apropiadas para países con abundante Agrobiodiversidad y limitados recursos económicos, que comprende el uso de componentes bioclimáticos (precipitación, temperatura), componentes edáficos (tipo de suelo, pH, % de carbón orgánico, profundidad efectiva, pendiente), la información obtenida se depura con la ayuda del SIG (FAO, 2015).

2.10 Sistemas de información geográfica - SIG

Son herramientas de manejo y análisis con base a la georeferenciación para analizar datos espacialmente referenciados, la inclusión de la cartografía, geografía, agrimensura, teledetección, procesamiento de datos, matemática y estadística convierte a los SIG en una poderosa herramienta (Parra-Quijano, 2013).

Los SIG asociados con la ecogeografía son el resultado de mapas en el cual se busca reflejar todos los posibles escenarios de adaptativos de cierta especie en una región determinada, de tal manera que no se caracteriza ecogeográficamente el germoplasma sino un marco espacial donde este puede o no encontrarse (Parra-Quijano et al. 2011). La obtención del mapa representa una serie de categorías procedentes del análisis multivariado sobre las categorías empleadas, designando al germoplasma la categoría representada en el mapa de acuerdo con la ubicación de colecta en el mapa (Parra-Quijano et al. 2011).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización morfológica

3.1.1 Área de estudio

El presente estudio se realizó en el Jardín Etnobotánico de la Comunidad Turuco, perteneciente a la parroquia San Francisco del cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura. (Figura 2)

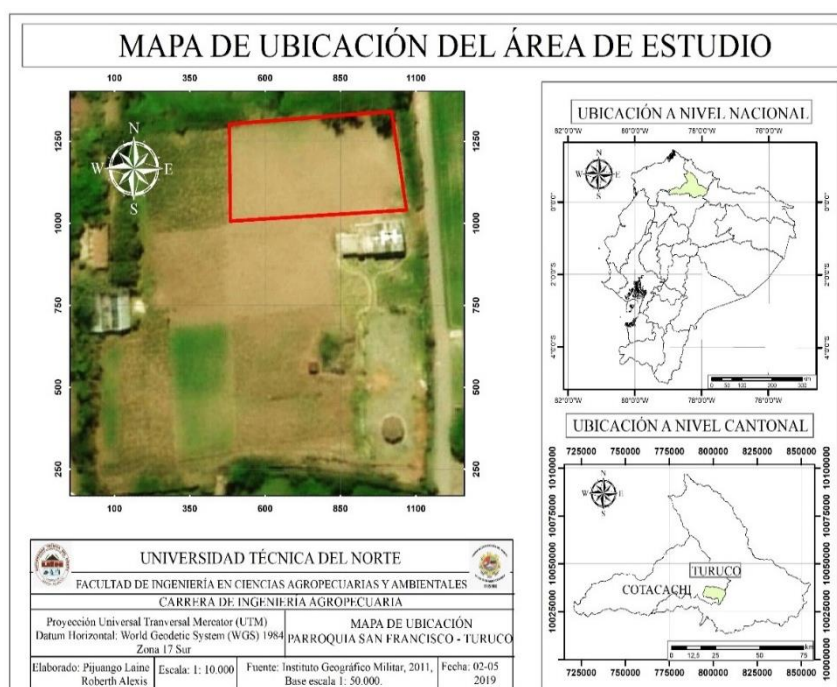


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio

En la Tabla 1 se presenta las características del área de estudio.

Tabla 1.

Características del área de estudio.

Características del área de estudio	
Ubicación	“Jardín Etnobotánico de la comunidad Turuco”
Cantón	Santa Ana de Cotacachi
Parroquia	San Francisco
Provincia	Imbabura
Altitud	2350 m.s.n.m.
Latitud	00°17'57.7" Norte
Longitud	78°16'34.7" Oeste

Fuente: Instituto Ecuatoriano Geográfico Militar (2017).

3.1.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas

➤ Material genético

El presente estudio utilizó como material genético base 10 variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum* L.), las cuales fueron colectadas en la zona central interandina del país, específicamente en la provincia de Chimborazo. En la tabla 2 se detallan los datos pasaporte de las variedades de papa colectadas.

Tabla 2.

Datos pasaporte de los sitios de colecta de donde provienen las variedades nativas de papa

Variedad	Subespecie	Provincia	Cantón	Localidad	Latitud	Longitud
Chaucha Bolona Amarilla	subsp. andigena	Chimborazo	Guamote	Gramapamba	-1.58975	-78.630126
Chaucha Roja	subsp. phureja	Chimborazo	Guamote	Gramapamba	-1.58975	-78.630126
Chaucha Larga Amarilla	subsp. phureja	Chimborazo	Guamote	Gramapamba	-1.58975	-78.630126
Papa Mamí	subsp. phureja	Chimborazo	Guamote	Gramapamba	-1.58975	-78.630126
Chiwila	subsp. phureja	Chimborazo	Guamote	Gramapamba	-1.58975	-78.630126
Chaucha Amarilla	subsp. phureja	Chimborazo	Guamote	Achullay	1.933.333	-78.716667
Papa Pan	subsp. phureja	Chimborazo	Guamote	Achullay	1.933.333	-78.716667
Chaucha Roja Larga	subsp. phureja	Chimborazo	Guamote	Achullay	1.933.333	-78.716667
Norteña	subsp. phureja	Chimborazo	Guamote	Achullay	1.933.333	-78.716667
Semiuvilla	subsp. andigena	Chimborazo	Guano	Silveria	-1.73842	-78.56971

➤ **Materiales de oficina**

- Lápiz
- Computadora
- Impresora
- Hojas de papel bond
- Calculadora
- Registros
- Material bibliográfico
- Cámara fotográfica
- Libro de campo.

➤ **Materiales de campo**

Para realizar las actividades culturales se emplearon

- Estacas
- Cinta métrica
- Bomba de mochila
- Letreros de información
- Bomba estacionaria,

Mientras que para realizar las actividades de control fitosanitario se aplicó:

- Fungicidas e insecticidas

Por otro lado, para la fertilización se utilizaron:

- Abonos químicos
- Materia orgánica
- Regulador de pH
- Fijador
- Micro y macroelementos
- Fsfito de potasio.

3.1.3 Métodos

➤ **Factor en estudio**

La presente investigación tuvo como factor de estudio las 10 variedades de papa nativa procedentes de la provincia de Chimborazo de las localidades de Gramapamba y Achullay (Tabla 2).

➤ **Diseño experimental**

Para llevar a cabo la presente investigación, se diseñó una parcela con un área de 100 m² para cada variedad; en donde se realizaron ocho surcos con una separación de 1.25 m entre sí. En la siembra se consideró una distancia de 0.40 m de separación entre plantas y se insertaron dos semillas-tubérculo por cada punto de siembra. Para proceder a registrar la información de caracterización morfoagronómica se tomaron 15 plantas seleccionadas completamente al azar.

➤ **Características del experimento**

En la Tabla 3 se detallan las características que presentó la parcela del ensayo establecido en el Jardín Etnobotánico de la comunidad de Turuco.

Tabla 3.

Características de las parcelas experimentales en la zona de estudio.

Datos	Medidas
Área total de la parcela:	100 m ² (10m*10m)
Área de la parcela neta:	18.97 m ² (2.53m*7.5m)
Largo de la parcela	7.5 m
Ancho de la parcela	2.53 m
Largo del surco:	7.5 m
Distancia entre surcos	1.25 cm
Distancia entre unidad experimental	1.60 m
Distancia entre planta	0.40 m
Número de surcos/ unidad experimental	8
Número de tubérculo por golpe	2
Número de golpes de siembra por surco	12
Número de plantas por surco	24
Número de plantas por parcela neta	64
Número de plantas por unidad experimental	192

3.1.4 Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el software INFOSTAT, en donde los datos cuantitativos y cuantitativos se realizaron medidas de resumen y tablas de frecuencias respectivamente, además se realizó el análisis multivariado (Agrupamiento jerárquico de Ward y Distancias genéticas de Gower) con los datos cualitativos y cuantitativos que permitieron identificar:

- Descriptores que aportan a la diferenciación entre la población en estudio.
- Agrupación de accesiones.
- Distancias que existen entre cada una de las muestras a analizar.

3.1.5 Variables para evaluar

Se tomaron los datos morfoagronómicos cuando las accesiones llegaron al 50% de floración, de las cuales se seleccionaron 15 plantas al azar de cada variedad. Las variables morfoagronómicas evaluadas se detallan a continuación (CIP, 2000):

3.1.5.1 Caracteres cualitativos

a) Hábito de crecimiento

Se inició observando a las plantas previamente seleccionadas a un metro de distancia del surco donde se ubican, en donde se observó el hábito o forma de crecimiento que han adoptado las plantas y se codificó con códigos numéricos según la Figura 3.

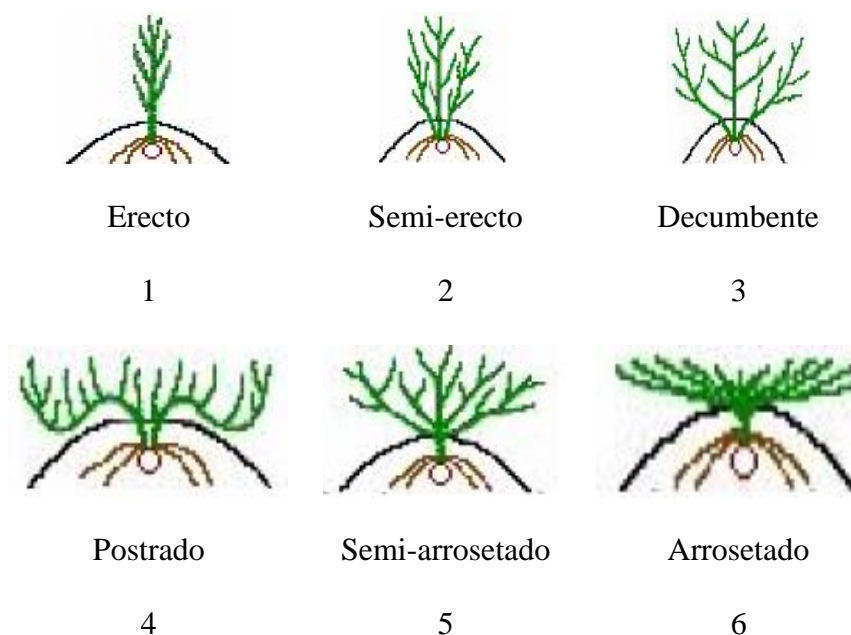


Figura 3. Esquema de los hábitos de crecimiento de las plantas de papa

Fuente: CIP (2000).

b) Color de la hoja

Para el color de la hoja se tomó una del centro y con la tabla de colores (Royal Horticulture Society) y se identificó a que gama de color e intensidad pertenece. Una de las indicaciones que se consideró fue el registro de datos de esta variable en las primeras horas de la mañana hasta las 11:00 am máximo, con el fin de mantener una uniformidad de las observaciones y registro de los datos.

c) Forma de la hoja

Se tomó una hoja localizada en el centro de la planta que se encontró desarrollada en su totalidad, en donde se registró el tipo de disección y se contó el número de folíolos laterales, interhojuelas entre los folíolos laterales y las interhojuelas sobre los pecíolos según la Tabla 4 y Figura 4.

Tabla 4.

Formas de la hoja y números de folíolos presentes en la papa

Tipo de disección	Número folíolos laterales	Número inter-hojuelas entre folíolos laterales	Número interhojuelas sobre peciolulos
1 Entera	0 Ausente	0 Ausente	0 Ausente
2 Lobulada	1 Par	1 Par	1 Par
3 Disectada	2 Pares	2 Pares	2 Pares
	3 Pares	3 Pares	3 Pares
	4 Pares	4 o más pares	4 o más pares
	5 Pares		
	6 Pares		
	7 o más pares		

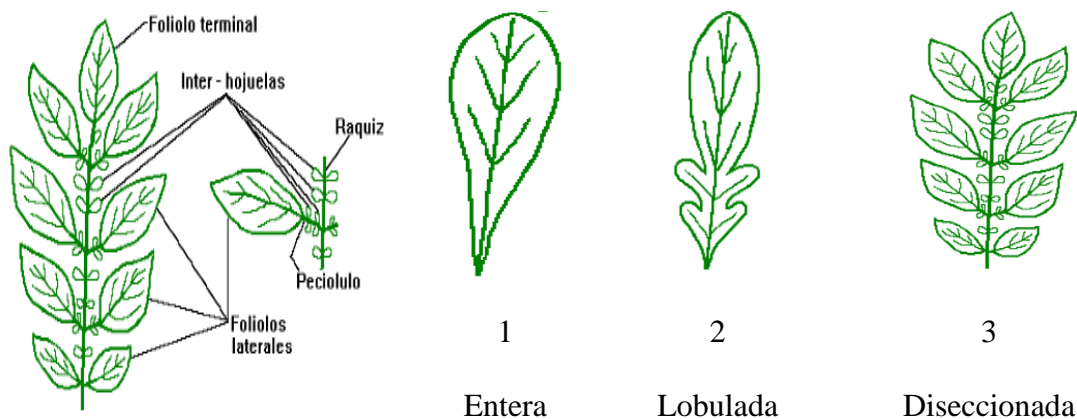


Figura 4. Esquema de la forma de la hoja en las plantas de papa

Fuente: CIP (2000).

d) Color del tallo

Consistió en determinar el grado de pigmentación del tallo según los descriptores (Tabla 5 y Figura 5). Para la determinación, se tomó el tallo principal de la planta y se observó toda la longitud de este.

Tabla 5.
Color del tallo presente en las variedades de papa

Color del tallo	Prevalencia del color
1 Verde	
2 Verde con pocas manchas	Domina verde
3 Verde con muchas manchas	
4 Pigmentado con abundante verde	
5 Pigmentado con poco verde	Domina pigmentado
6 Rojizo	
7 Morado	



Figura 5. Variación gradual de la pigmentación en el tallo de la papa (no incluye rojizo y morado).

Fuente: CIP (2000).

e) Forma de las alas del tallo

Primero se procedió a verificar mediante tacto a nivel del tallo principal y deslizar delicadamente de abajo hacia arriba o viceversa y se identificó la presencia o ausencia de las alas del tallo, (Tabla 6 y Figura 6).

Tabla 6.
Formas de las alas del tallo presente en la papa.

Forma de las alas del tallo
0 Ausente
1 Recto
2 Ondulado
3 Dentado



Figura 6. Principales formas de las alas del tallo de la papa.

Fuente: CIP (2000).

f) Grado de floración

Alejándose una distancia considerable desde donde se logró apreciar toda la accesión, se observó el grado de floración y registró mediante códigos numéricos según la Tabla 7.

Tabla 7.

Grado de floración presente en el cultivo de papa.

Grado de Floración

0 Sin botones

1 Aborto de brotones

2 Floración escasa

3 Floración moderada

4 Floración profunda

g) Forma de la corola

Se evaluó en una flor completamente abierta, para expandir se sujetó a los pétalos en donde se observó el borde externo comprendido entre dos acúmenes y se comparó con la Figura 7 y se codificó con un dígito empleando la siguiente escala:

B = ancho del pétalo

L = longitud desde la unión de los pétalos hasta el acumen

Se expande a la flor y se determina la forma geométrica que presenta la misma

Forma de la Corola

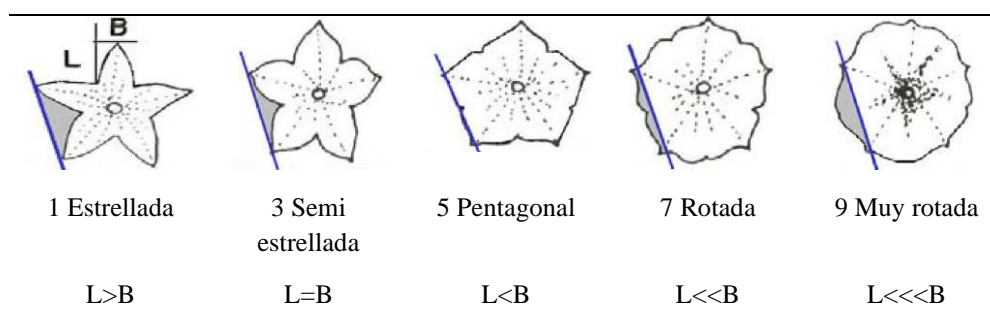


Figura 7. Esquema de las formas de la corola de las flores de papa

Fuente: CIP (2000).

h) Color primario de la flor

Para identificar el color primario, se tomó una flor abierta y se empleó la tabla de colores (Royal Horticulture Society) en donde se identificó a que color e intensidad pertenece. Mientras que el color secundario y distribución se identificaron observando en el envés de la flor permitiendo comparar y registrar datos comparando con la Tabla 8 y Figura 8.

Tabla 8.

Color primario y secundario de la flor de papa

Color predominante	Intensidad de color predominante	Color secundario	Distribución del color secundario
1 Blanco	1 Pálido / Claro	0 Ausente	0 Ausente
2 Rojo-rosado	2 Intermedio	1 Blanco	1 Acumen (blanco) - haz
3 Rojo-morado	3 Intenso / Oscuro	2 Rojo-rosado	2 Acumen (blanco) - envés
4 Celeste		3 Rojo-morado	3 Acumen (blanco) - ambos
5 Azul-morado		4 Celeste	4 En estrella
6 Lila		5 Azul-morado	5 Bandas en el haz
7 Morado		6 Lila	6 Bandas en el envés
8 Violeta		7 Morado	7 Bandas en ambas caras
		8 Violeta	8 Manchas salpicadas
			9 Pocas manchas o puntos

Distribución del Color Secundario de la Flor

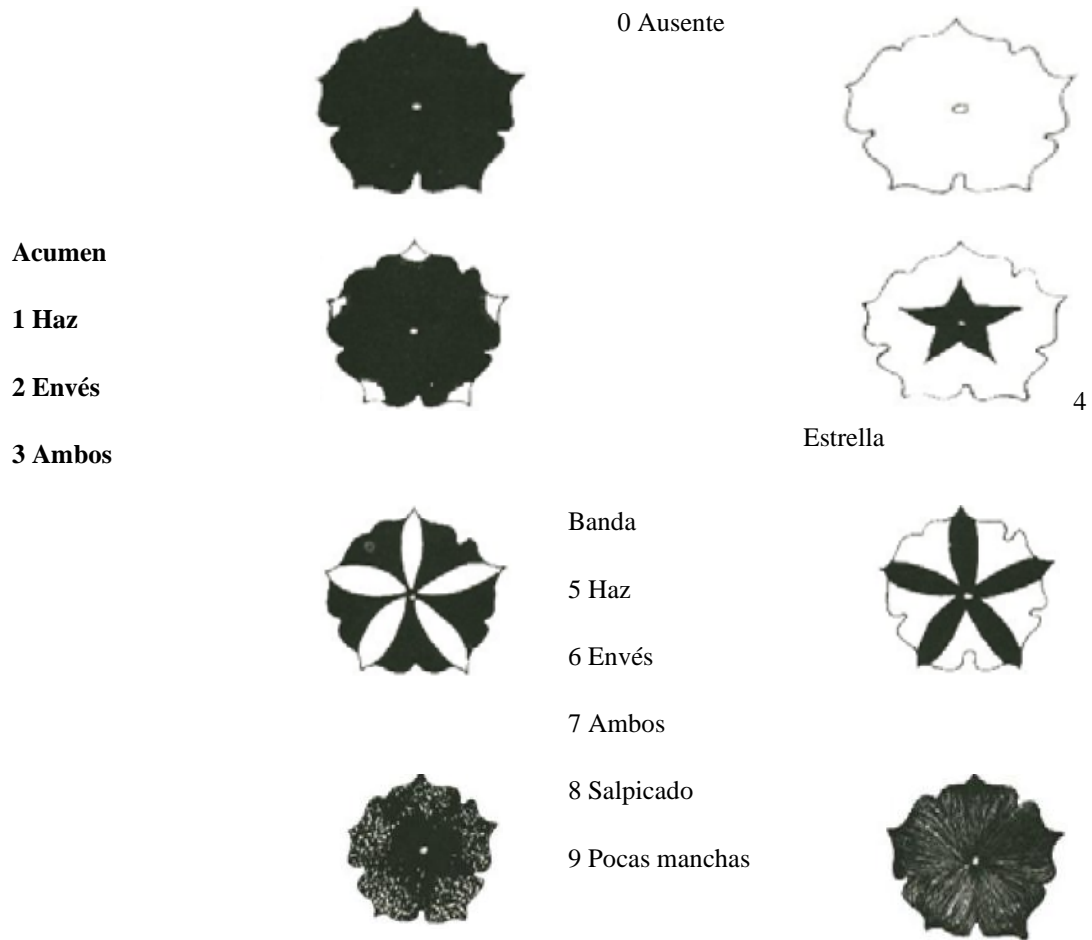


Figura 8. Esquemas de la distribución del color secundario de las flores de papa

Fuente: CIP (2000).

i) Color del Cáliz

En la misma flor evaluada anteriormente, se determinó la proporción de las coloraciones y pigmentaciones que presentó el cáliz de las accesiones en estudio.

Tabla 9.
Color del cáliz

Color del Cáliz	
1 Verde	
2 Verde con pocas manchas	Domina Verde
3 Verde con abundantes manchas	
4 Pigmentado con abundante verde	
5 Pigmentado con poco verde	Domina pigmentado
6 Rojizo	
7 Morado	

j) Color del Pedicelo

Se determinó la presencia o ausencia de pigmentos y su distribución a lo largo del pedicelo, incluyendo la observación de pigmentos en la articulación.

1. Verde
2. Sólo articulación pigmentada
3. Ligeramente pigmentado a lo largo
4. Ligeramente pigmentado a lo largo y en articulación
5. Pigmentado sobre la articulación
6. Pigmentado debajo de la articulación
7. Mayormente pigmentado y articulación verde
8. Completamente pigmentado

k) Color de la baya

En las bayas se observó la ausencia o presencia de pigmentaciones diferentes al verde y la distribución de los pigmentos en la piel de la baya.

1. Verde
2. Verde con pocos puntos blancos
3. Verde con bandas blancas
4. Verde con abundantes puntos blancos
5. Verde con áreas pigmentadas
6. Verde con bandas pigmentadas
7. Predominantemente pigmentado

l) Forma de la baya

Para evaluar esta variable se determinó la presencia o ausencia del mucrón terminal (pequeña protuberancia dura de forma cónica en el ápice de las bayas de algunas entradas) y se registró las diferentes formas existentes de la baya (Figura 9).

1. Globosa

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

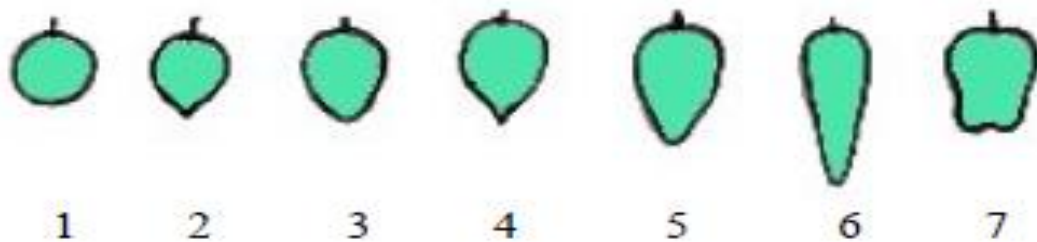


Figura 9. Formas de la baya de las papas nativas

Fuente: CIP (2000).

m) Color de la piel del tubérculo

Para evaluar el color de la piel del tubérculo, se utilizó la tabla de colores (Royal Horticulture Society) para identificar el color e intensidad, en algunos casos existieron color secundario y distribución del color en el tubérculo por lo que se observó la Tabla 10 y Figura 10 se codificó mediante un dígito correspondiente.

Tabla 10.

Color predominante y color secundario de los tubérculos

Color predominante	Intensidad color predom.	Color secundario	Distribución del color secundario
1 Amarillo-crema	1 Pálido / Claro	0 Ausente	0 Ausente
2 Amarillo	2 Intermedio	1 Blanco-crema	1 En los ojos
3 Anaranjado	3 Intenso / Oscuro	2 Amarillo	2 En las cejas
4 Marrón		3 Anaranjado	3 Alrededor de los ojos
5 Rosado		4 Marrón	4 Manchas dispersas
6 Rojo		5 Rosado	5 Como anteojos
7 Rojo-morado		6 Rojo	6 Manchas salpicadas
8 Morado		7 Rojo-morado	7 Pocas manchas
9 Negruzco		8 Morado	
		9 Negruzco	

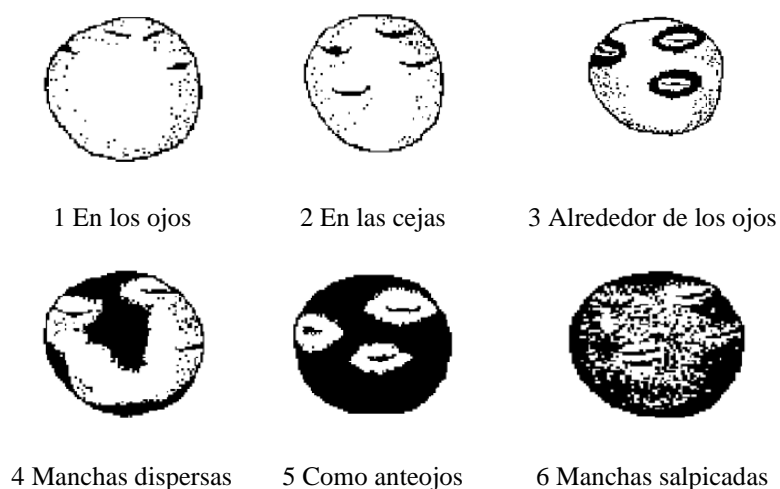


Figura 10. Distribución del color secundario de la piel del tubérculo

Fuente: CIP (2000).

n) Forma del tubérculo

Para la forma del tubérculo (Tabla 11, Figura 11 y 12), en los mismos tubérculos donde se determinó el color de la piel, se observó la forma general de los tubérculos, la variante de la forma y la profundidad de los ojos, de igual manera se registró mediante un dígito.

Tabla 11.

Formas que presentan los tubérculos.

Forma general	Variante de la forma	Profundidad de los ojos
1 Comprimido	0 Ausente	1 Sobresaliente
2 Redondo	1 Aplanado	3 Superficial
3 Ovalado	2 Clavado	5 Medio
4 Obovado	3 Reniforme	7 Profundo
5 Elíptico	4 Fusiforme	9 Muy profundo
6 Oblongo	5 Falcado	
7 Oblongo-alargado	6 Enroscado	
8 Alargado	7 Digitado	
	8 Concertinado	
	9 Tuberizado	

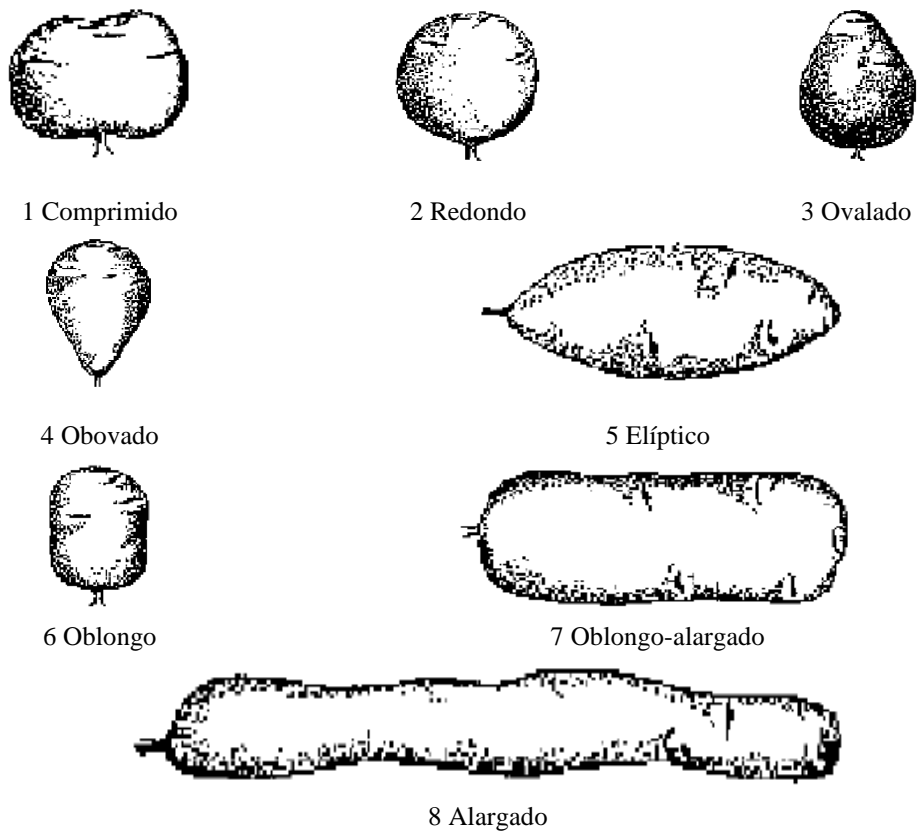


Figura 11. Forma general del tubérculo

Fuente: (CIP, 2000).

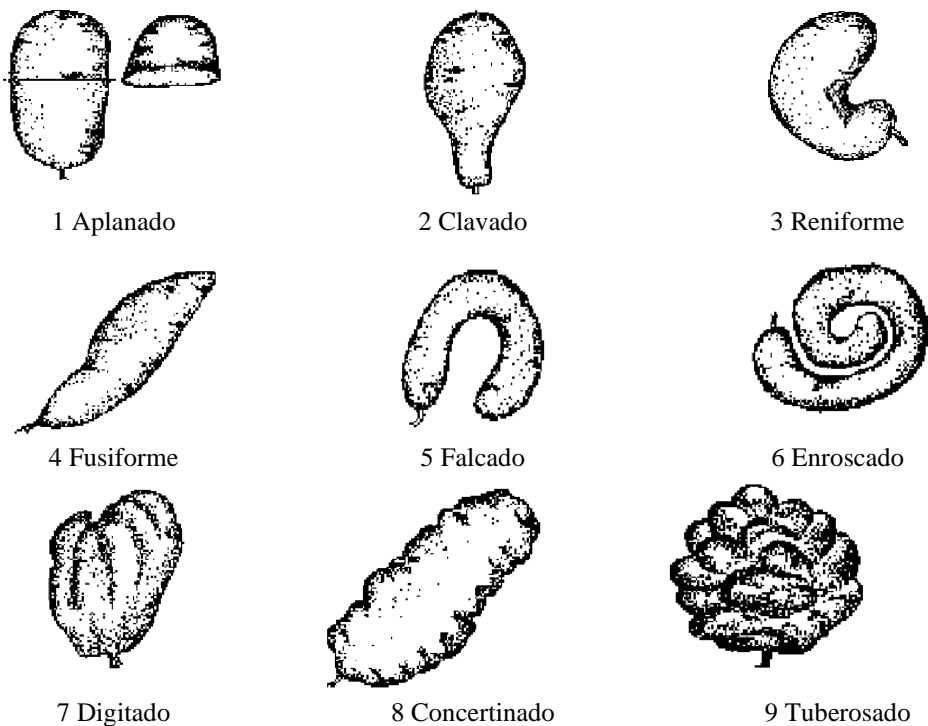


Figura 12. Formas secundarias o inusuales en tubérculo.

Fuente: CIP (2000).

o) Color de la pulpa y distribución

Para identificar el color de la pulpa del tubérculo se realizó un corte en la zona ecuatorial y se empleó la tabla de colores (Royal Horticulture Society) para determinar el color principal, en algunos casos existieron color secundario y distribución del color secundario y se caracterizó según la Tabla 12 y Figura 13.

Tabla 12.

Color predominante y secundario del tubérculo.

Color predominante	Color secundario	Distribución del color secundario
1 Blanco	0 Ausente	0 Ausente
2 Crema	1 Blanco	1 Pocas manchas
3 Amarillo claro	2 Crema	2 Áreas
4 Amarillo	3 Amarillo claro	3 Anillo vascular angostoso
5 Amarillo intenso	4 Amarillo	4 Anillo vascular y médula
6 Rojo	5 Amarillo intenso	6 Todo menos médula
7 Morado	6 Rojo	7 Otro (salpicado)
8 Violeta	7 Morado	
	8 Violeta	



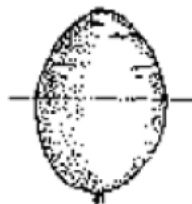
1 Pocas manchas



2 Áreas



3 Anillo vascular angostoso



4 Anillo vascular y médula



6 Todo menos médula



7 Otro (salpicado)

Figura 13. Distribución del color secundario de los tubérculos

Fuente: CIP (2000).

p) Color del brote

Para identificar el color predominante del brote se utilizó la tabla de colores (Royal Horticulture Society), en la determinación el color secundario y distribución del color secundario se empleó (Tabla 13, Figura 14) y se registró mediante un dígito.

Tabla 13.

Color predominante y secundario del brote

Color predominante	Color secundario	Distribución del color secundario
1 Blanco	0 Ausente	0 Ausente
2 Rosado	1 Blanco	1 En la Base
3 Rojo	2 Rosado	2 En el ápice
4 Morado	3 Rojo	3 Pocas manchas a lo largo
5 Violeta	4 Morado	4 Muchas manchas a lo largo
	5 Violeta	5 En las yemas

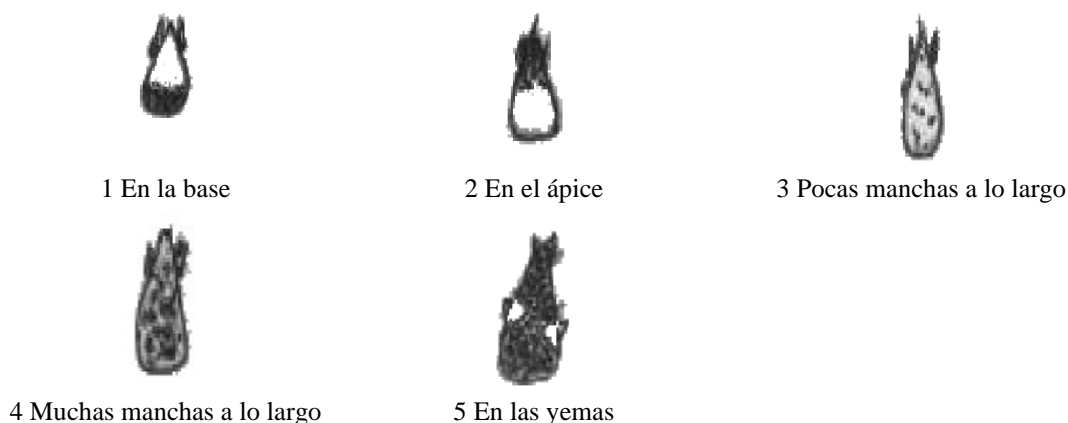


Figura 14. Esquemas de distribución del color secundario en el brote del tubérculo.

Fuente: CIP (2000).

3.1.5.2 Caracteres cuantitativos

q) Ancho de la baya

El calibrador pie de rey se situó nivel de la zona ecuatorial de la baya y se midió el ancho, a la misma vez se registró la distancia en mm.

1. De 2 mm
2. De 3 mm
3. De 4 mm

r) Largo de la baya

Para determinar la altura en la misma baya similar a la anterior variable, únicamente situando el calibrador pie de rey en el mucrón y en la separación del pedúnculo, los datos se registraron en milímetros (mm).

s) Madurez (condiciones de Cotacachi – Imbabura)

Madurez comprendió el período desde la siembra hasta la cosecha, se comparó con los datos de siembra hasta que la planta llegó al punto de senescencia según la Tabla 14.

Tabla 14.

Días a la madurez que presentan los tubérculos

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

t) Número de tubérculos/planta

Para determinar el número de tubérculos/planta (Tabla 15), luego de la cosecha, se clasificó mediante el peso de los tubérculos por categorías que son: primera, segunda, tercera y desechos; considerando 15 plantas de cada unidad experimental, luego el resultado se transformó a kg. ha^{-1} , sacos de 50 kg. ha^{-1} y t. ha^{-1} .

Tabla 15.

Peso de tubérculos por categorías

Categorías	Peso (g)
Primera	71 - 100
Segunda	51 - 70
Tercera	31 - 50
Desechos	< 30

u) Rendimiento por metro cuadrado

Se tomó en cuenta el peso total de la parcela neta y los resultados se expresaron en kilogramos por parcela neta y se transformó a kilogramos por metro cuadrado (Montesdeoca et al., 2013).

v) Tasa de extracción (TEX)

Se clasificaron y se seleccionaron los tubérculos destinados para semilla utilizando medidas tentativas de 4 a 8 cm de longitud y un peso de 40 a 120 gramos. Para lo cual se empleó la siguiente ecuación propuesta por (Montesdeoca et al., 2006) y el resultado se expresó en porcentaje/ha.

$$TEX = \frac{\text{Volumen de semilla calificada}}{\text{Producción total}} \times 100$$

w) Calidad sanitaria del tubérculo

Para evaluar la calidad sanitaria se tomó una muestra de 100 tubérculos por accesión evaluada. La sanidad de la semilla se evaluó mediante observaciones a través del Método de Factores Indexados, que permitió determinar el porcentaje de incidencia y severidad de plagas y enfermedades que se presentan en los tubérculos-semilla, la escala de severidad empleada fue: (0) sana, (1) muy ligera, (2) ligera, (3) moderada, (4) severa (Montesdeoca et al., 2006). El dato se expresó en porcentaje de índice de severidad.

$$\text{Índice} = \frac{0 * \text{Sana} + 1 * \text{Muy ligera} + 2 * \text{Ligera} + 3 * \text{Moderada} + 4 * \text{Severa}}{4 * \text{Número total de tubérculos muestra}} \times 100$$

x) Días a la brotación

Para evaluar los días a la brotación, se consideró los días transcurridos desde la cosecha hasta que el tubérculo presente brotes en un 25 % y los mismos alcanzaron más de 3 mm de longitud (Monteros et al. 2010).

3.1.6 Manejo específico del experimento

3.1.6.1 Delimitación del terreno

Se procedió a medir con la ayuda de un flexómetro, posteriormente con la ayuda de una piola y estacas, se fue delimitando y triangulando el terreno en una extensión de 100 m² por accesión con un total de 1000 m² (Figura 15).



Figura 15. Delimitación del terreno

3.1.6.2 Muestreo y análisis químico del suelo

Previo a la instalación del ensayo se tomó una muestra de suelo en zigzag al azar, teniendo un total de 30 muestras para obtener una muestra general de 1 kg. Posteriormente dicha muestra fue enviada a laboratorio del INIAP para obtener el análisis químico con la finalidad de determinar la recomendación de fertilización (Figura 16).



Figura 16. Toma de muestras de suelo

3.1.6.3 Preparación del terreno

Se realizó de manera mecánica el paso del arado y rastra a una profundidad aproximada de 0.3 m, con el fin de eliminar restos del cultivo anterior y lograr que el suelo quede suelto y sin terrones para la siembra (Figura 17).



Figura 17. Preparación del terreno con maquinaria

3.1.6.4 Trazado de parcelas

Se procedió a trazar de parcelas usando un flexómetro, piola y estacas, posteriormente se delimitó cada parcela obteniendo un total de 10 unidades experimentales (Figura 18).



Figura 18. Trazado de las parcelas

3.1.6.5 Surcada

Se realizó de forma automatizada utilizando un tractor, obteniendo surcos a una distancia de 1.25 m entre ellos con la finalidad de tener suficiente espacio para el aporque posterior (Figura 19).



Figura 19. Surcos para establecer el cultivo.

3.1.6.6 Semilla

Las semillas empleadas fueron proporcionadas por el INIAP-DENAREF las mismas que provienen de provincia de la Chimborazo, las cuales presentaron las siguientes características:

- Peso promedio 80 g.
- Estadio fisiológico de brotación múltiple.
- No tener antecedentes de ataque de Punta Morada).
- Buen estado sanitario.



Chaucha bolona amarilla



Chaucha amarilla larga



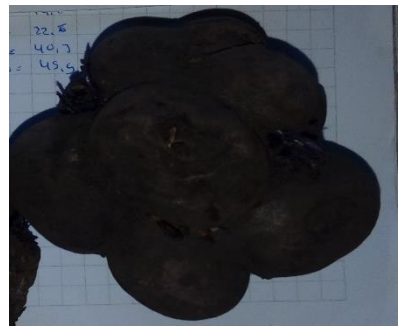
Norteña



Chaucha amarilla



Papa mami



Chiwila



Papa pan



Chaucha Roja



Semiuvilla



Tulca

Figura 20. Tubérculos semillas procedentes de la provincia de Chimborazo

3.1.6.7 Fertilización

Se realizó mediante la recomendación del análisis de suelo proporcionada por el Laboratorio de Suelos del INIAP. Una adecuada fertilización permitió suministrar los nutrientes necesarios para obtener un buen crecimiento, desarrollo y producción del cultivo (Tabla 16). Además, se complementó con aspersión foliar para estimular al cultivo y corregir algunas deficiencias nutricionales con macroelementos, microelementos y fosfito de potasio para generar fitoalexinas frente al ataque de Punta morada en la papa. Las cantidades y los nombres comerciales de los fertilizantes foliares para una aplicación se detallan en la Tabla 17.

Tabla 16.

Requerimientos, fertilizantes calculados para el área del ensayo 1000m²

Fuente de fertilizantes	% del elemento					Cantidad aplicada kg/1000m ²
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	
Sulpomag			19	17	10	25
Miurato de potasio			60			48
11-52-0	11	52				4
Urea	45					19

Tabla 17.

Fertilizantes foliares, usos y cantidades calculadas para el ensayo 1000m²

% de elemento											Fertilizante calculado 1000m ²
Macroelementos					Microelementos						cm ³
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	S	B	Fe	Cu	Mn	Mo	Zn	
10	5	5	3	2							300
					0.45	8.60	0.27	4.50	0.10	0.63	300
	20	30									120



Figura 21. Aplicación de fertilizantes

3.1.6.8 Siembra

Previo a la siembra, se humedeció el suelo para colocar el fertilizante calculado según el análisis, el modo de aplicación fue a fondo del surco y a chorro continuo todo el P, K, S (Sulpomag, 11-52-0, Miurato de potasio). Luego en el surco se distribuyó a 0.40 m de distancia y se depositó 2 semillas por punto de siembra; mismas que contaron con un número promedio de 5 brotes por tubérculo, a la vez se encontraron libre de ataque de patógenos y el tubérculo semilla se encontró en estado de brotación múltiple (Figura 22).



Figura 22. Siembra de los tubérculos

3.1.6.9 Riego

El cultivo de papa requiere un riego de 700 a 800 mm de agua bien distribuidos, el riego en el ensayo se realizó por surcos en cada parcela, proporcionando la cantidad necesaria de agua al cultivo en función a las condiciones climáticas de la zona. El riego es indispensable cuando la planta llegue a floración (Figura 23).



Figura 23. Siembra de los tubérculos

3.1.6.10 Labores culturales

Las labores culturales son indispensables para el correcto desarrollo de la planta, las actividades se deben realizar a tiempo.

➤ **Retape**

Se realizó entre los 15 y 21 días posteriores a la siembra. El motivo de esta labor es para incorporar la primera fracción de fertilizante nitrogenado complementario (Urea). Esta práctica sirvió también para eliminar la maleza a temprana edad (Figura 24).



Figura 24. Retape del cultivo

➤ **Rascadillo**

Consistió en remover superficialmente el suelo, también sirvió para controlar oportunamente a las malezas, permitiendo la aireación del suelo. Esta actividad se realizó a los 30 y 35 días después de la siembra. También fue el momento oportuno para complementar la segunda fracción del fertilizante nitrogenado (Figura 25).



Figura 25. Limpieza de malezas

➤ **Medio aporque**

Esta actividad consistió en juntar gran cantidad de tierra a las plantas, dejando camellones bien formados, el período de aporque dependió el desarrollo de la planta que fue a los 50 a 60 días (Figura 26).



Figura 26. Aporque en la papa.

3.1.6.11 Controles fitosanitarios

Los controles fitosanitarios se realizaron mediante un Manejo Integrado Plagas y enfermedades, acorde a la aparición de plagas y enfermedades, los productos empleados se detallan en la Tabla 18. Las principales enfermedades presentes fueron: Lancha (*Phytophthora infestans*) se aplicó una rotación de fungicidas Cobre pentahidratado y Metalaxil + Mancoceb. Para controlar la población de insectos, vectores [Polilla (*Phthorimaea operculella*), Gusano blanco (*Premnotrypes vorax*), psílido de la Punta Morada en Papa (*Bactericera cockerelli*)] que afectan a la producción se realizó una rotación de Inimectin, Lambda chialotrin + Thiametoxan, Imidacloprid, Clorpirifos + Cipermetrin (Figura 27).



Figura 27. Controles fitosanitarios

Para el caso de Punta Morada de Papa (PMP) (*Bactericera cockerelli*), se empleó (Lambda chialotrin + Thiametoxan) en dosis de 2 cm³/l acompañado de fosfito de potasio en la etapa de floración. La aplicación se realizó en el envés de la hoja para disminuir la población de las ninfas y adultos de PMP todo eso acompañado de un monitoreo (Figuras 28 y 29).



Figura 28. Trampas



Figura 29. Monitoreo de plagas

Todas las aplicaciones fueron acompañadas por fijador, regulador de pH y coadyuvante. Además, se realizó en horarios de 06:00 am hasta 08:00 am ya que en ese rango de tiempo se cuenta con un ambiente con alta humedad relativa y baja temperatura que permitió tener buena acción del ingrediente activo de los productos mencionados (Tabla 18).

Tabla 18.
Insumos utilizados en el control químico

INSECTICIDAS		FUNGICIDAS	
Ingrediente Activo	Dosis cm ³ /l	Ingrediente Activo	Dosis
Abamectina	10	Pentacloroni-trobenceno	20 g/l
Chlorpyrifos + Cypermethrina	2	Propamocarb + Metalaxil	18 g/l
Thiatetoxan + Lambdacialotrina	2	Cobrepenta-hidratado	25 cm ³ /l
Imidacloprid + Brinthrín	1.5	Metalaxil + Mancoceb	250 g/1000 m ²

3.1.6.12 Cosecha

La cosecha se realizó cuando las accesiones tuvieron un alrededor del 75% de plantas en senescencia, momento ideal para recoger todos los tubérculos evitando daños de patógenos (Figura 30).



Figura 30. Cosecha de los tubérculos

3.1.6.13 Almacenamiento

Para el almacenamiento del tubérculo se llevó a un lugar fresco con una temperatura promedio 10 °C y humedad relativa 90%, con el fin de poder prolongar la vida útil del tubérculo semilla (Figura 31).



Figura 31. Almacenamiento de las variedades

3.2 Caracterización eco geográfica

3.2.1 Área de estudio

El área de estudio estuvo ubicada en las provincias de Imbabura, Pichincha y Carchi; en los lugares mencionados se realizó la recolección de papa y cuya base de datos fue utilizada para su posterior descripción de resultados en este estudio.

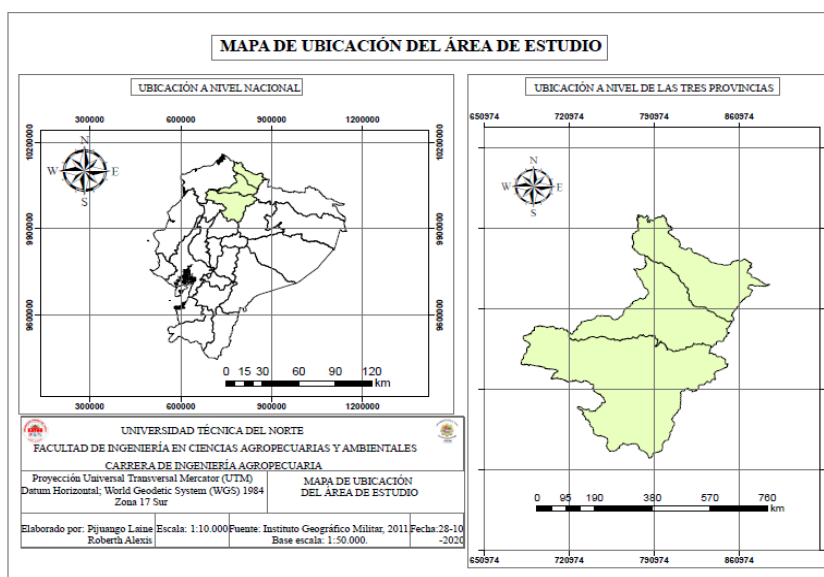


Figura 322. Área de estudio de la caracterización ecogeográfica

3.2.2 Métodos

Para realizar el análisis ecogeográfico se utilizó el software CAPFITOGEN versión 2.0, las herramientas principales que se utilizaron son:

- Testable: Es una herramienta que detecta: celdas en blanco, celdas fantasmas, entre otras; al analizar el documento la herramienta genera un documento la cual analiza en cinco apartados los posibles errores, en caso de existir algún inconveniente se puede verificar en el mismo documento generado por Test Table y corregir (FAO, 2014).
- Geoqual: Para utilizar esta herramienta los datos de referenciación obtenidas en campo deben estar en coordenadas sexagesimal, es así, que realiza una evaluación de calidad de la georreferenciación de los datos de pasaporte mediante cuatro parámetros que son: COORQUAL (Provincia 0-20), SITQUAL Cantón (0-20), LOCALQUAL Parroquia (0-20) y TOTALQUAL100 (0-100) que transforma en rangos la sumatoria de los tres primeros parámetros (FAO, 2015).
- Selecvar: realiza una selección de variables necesarias para elaborar el mapa ELC, las funciones principales son la obtención de correlación bivariada (BCA), análisis de componentes principales (PCA), selección por modelos (clustvarsel) y selección de variables mediante el modelo matemático Random Forest (RF), estos análisis los realiza independientemente para variables de cada componente ecogeográfico (variables bioclimáticas, geofísicas y edáficas) (FAO, 2014).
- ELC mapas. – Permite obtener una nueva opción de mapas de caracterización ecogeográfica del terreno mediante las variables bioclimáticas, geofísicas y edáficas, incorporando el uso de R, permitiendo el uso de SIG, cálculo estadístico, potencia gráfica, análisis multivariado; el resultado de este análisis es la obtención de mapas temáticos y categorías en donde se encuentran desarrollándose los materiales en estudio (FAO, 2015).
- ECOGEO. – Permite realizar una caracterización ecogeográfica de los sitios de recolección del germoplasma. El usuario dispone hasta 103 variables ecogeográficas (bioclimáticas, edáficas y geofísicas) disponibles, de las cuales facilita la obtención de componentes principales, dendrogramas que arroja información sobre los sitios de recolección, no directamente de la naturaleza del germoplasma, por esto, los análisis de multivariados que funcionan sobre matrices de distancia reflejan la afinidad ambiental y adaptativa existente entre los sitios de colecta, que pueden ser materiales de una misma especie con patrones genotípicos o fenotípicos diferentes pueden ocurrir en escenarios ambientales muy parecidos o incluso indiferenciables (FAO, 2014)

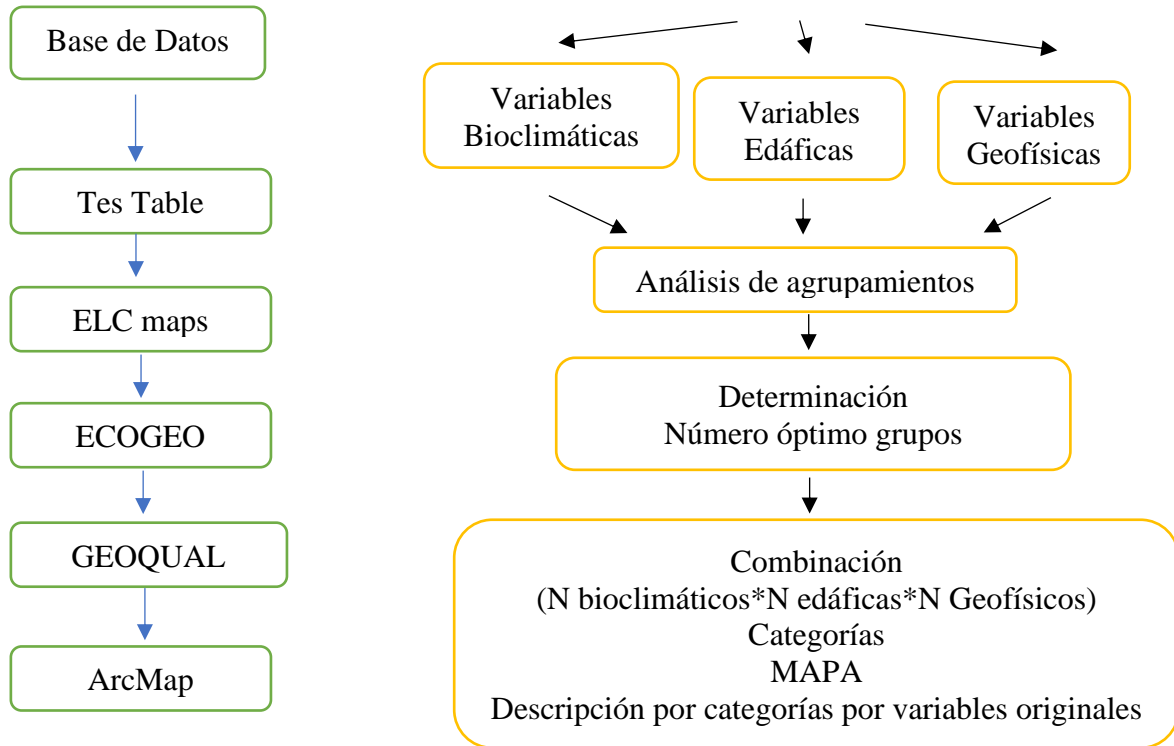


Figura 33. Flujoograma de proceso general de Capfitogen.

Para la realización de la caracterización ecogeográfica se emplearon las siguientes variables descritas por Tapia et al. (2017) en las que se definen las variables biofísicas, edáficas y geofísicas (Tabla 19) que permitieron analizar la base de la recopilación de mapas de puntos del sitio, los datos se extrajeron para las variables ecogeográficas, las mismas variables utilizadas para la obtención del mapa de ELC que permitieron obtener mapas de caracterización ecogeográfica del terreno (ELC) que reflejan escenarios adaptativos para una especie y región determinada.

Tabla 19.

Variables ecogeográficas compiladas como capas del sistema de información geográfica.

Variabes ecográficas	Formato de capa	Módulo
Temperatura promedio anual (°C)	Ráster	Biofísicas
Temperatura máxima de los 12 meses (°C)	Ráster	Biofísicas
Temperatura mínima de los 12 meses (°C)	Ráster	Biofísicas
Precipitación anual (mm)	Ráster	Biofísicas
Precipitación promedio enero (mm)	Ráster	Biofísicas
Precipitación promedio febrero (mm)	Ráster	Biofísicas
Precipitación promedio marzo (mm)	Ráster	Biofísicas
Precipitación promedio abril (mm)	Ráster	Biofísicas
Precipitación promedio mayo (mm)	Ráster	Biofísicas

Precipitación promedio junio (mm)	Ráster	Biofísicas
Precipitación promedio julio (mm)	Ráster	Biofísicas
Precipitación promedio agosto (mm)	Ráster	Biofísicas
Precipitación promedio septiembre (mm)	Ráster	Biofísicas
Precipitación promedio octubre (mm)	Ráster	Biofísicas
Precipitación promedio noviembre (mm)	Ráster	Biofísicas
Precipitación promedio diciembre (mm)	Ráster	Biofísicas
Elevación (m.s.n.m)	Ráster	Geofísicas
Pendiente (grados)	Ráster	Geofísicas
Profundidad (cm)	Vectorial	Edáficas
Arcilla en suelo (%)	Vectorial	Edáficas
Arena en suelo (%)	Vectorial	Edáficas
Limo en suelo (%)	Vectorial	Edáficas
Carbón orgánico en suelo (%)	Vectorial	Edáficas
pH suelo	Vectorial	Edáficas

Los datos Biofísicos se obtuvieron del sitio web Worldclim <http://www.worldclim.org>, los datos Geofísicos Shuttle Radar Topography Mission <http://srtm.csi.cgiar.org/>, mientras que los datos Edáficas se obtendrán del MAG <http://geoportal.magap.gob.ec/> en escala 1:50 000.

SelectVar facilitó la obtención de las correlaciones de las variables bioclimáticas mediante modelo matemático Random Forest de correlación. De las 38 variables bioclimáticas 18 resultaron ser altamente correlacionadas.

ECOGEO permite observar la variabilidad ecogeográfica, en este estudio se realizó la edición de un documento con las variables de: pH, Materia orgánica, Profundidad, % de Arena, Limo y Arcilla según Dirección de Investigación y Generación de Datos Multisectoriales -DIGDM- de la Coordinación y Generación del Sistema de Información Nacional -CGSIN- del Ministerio de Agricultura y Ganadería (2016).

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización morfológica

Para iniciar con el proceso de caracterización morfoagronómica y adaptabilidad, se obtuvieron colectas de 10 variedades de papa nativa (*Solanum* spp.) procedentes de la provincia de Chimborazo hacia el cantón Cotacachi, los resultados obtenidos se detallan a continuación.

4.1.1 Variabilidad morfoagronómica de datos cuantitativos

Los parámetros estadísticos para determinar la variabilidad de los datos de las muestras de papas (*Solanum tuberosum*) tomadas durante el desarrollo del cultivo son la Media estándar y el Coeficiente de variación (C.V); pues según menciona Gordón-Mendoza y Camargo-Buitrago (2015) una investigación tiene validez al determinar los valores del coeficiente de variación. Franco e Hidalgo (2003) da a conocer que los valores de CV mayor al 50% indica que existe variabilidad en una especie, y del mismo modo si este valor es menor al 20% se presenta datos más homogéneos dando así una variación menor. A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada variable evaluada.

Tabla 20

Evaluación de los descriptores cuantitativos

Código	Descriptor	Media	Coeficiente de variación	Valor mínimo	Valor máximo
D3	Número de foliolos (NF)	3.24	19.18	1.00	5.00
D3a	Número de Interhojuelas entre foliolos laterales (NIFL)	2.23	81.25	0.00	4.00
D13	Largo de la baya (LB) (cm)	1.24	28.42	0.30	2.50
D14	Ancho de la baya (AB) (cm)	1.25	30.71	0.20	2.10
D19	Número de tubérculo por plantas (NTP)	3.98	100.6	0.00	15.00
D20	Rendimiento por metro cuadrado (RM) (kg/m ²)	0.43	54.78	0.09	0.93
D26	Días a la emergencia	19.53	18.81	16.00	27.00
D27	Días a la floración	90.79	4.56	48.00	64.00
D24	Días a la brotación	28.75	22.69	25.00	45.00

El descriptor días a la floración (D27) presentó el CV de 4.56% siendo por lo tanto la característica con menor variabilidad (discusión). Por otro lado, el descriptor número de

tubérculos por planta (D 19) presentó un valor de 100.6 % siendo el carácter que influye en la variabilidad de la papa (*Solanum tuberosum*); seguido por el descriptor rendimiento por metro cuadrado (D20) con un valor de 54.78%.

El número de tubérculos por planta (NTP) y el rendimiento por metro cuadrado (RM), consideradas como variables de interés agronómico para el agricultor, mismas que obtuvieron valores de 0 hasta 15 tubérculos/planta; mientras que el RM fue de 0.09 kg a 0.93 kg (Tabla 21). Martínez (2009) y Lucero (2017) en el estudio de tubérculos nativos reportan rendimientos superiores que van desde el 50% hasta el 60% más de NTP y RM con respecto a la producción obtenida en la presente investigación.

4.1.2 Variabilidad morfoagronómica de datos cualitativos

La variabilidad morfoagronómica de los materiales de papa (*Solanum tuberosum* L.) nativos evaluados se presentan a continuación:

a) Hábito de crecimiento

En la presente investigación los materiales evaluados presentaron tres formas, así el hábito de crecimiento tipo decumbente estuvo presente en un (50%), seguido de los semi-erecto (38%) y postrado (12%) (Tabla 21 y Figura 33). Paxi et al.(2015), corroboran lo datos obtenidos en estudio, pues en los porcentajes de hábito de crecimiento de las materiales nativos fueron similares. A su vez mencionan que de este carácter permite crear estrategias de conservación de las fincas tomando en cuenta las estaciones climáticas. Gónzales y Osorio (2014) mencionan que en épocas con elevadas precipitaciones las plantas tienden a presentar un hábito de crecimiento decumbente y semi-erecto y para épocas con limitada precipitación se presenta un crecimiento postrado, lo cual evita enfermedades procedentes del suelo.

Tabla 21.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de hábito de crecimiento en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D1	Hábito de crecimiento	1	Semi-erecto	45	38
		2	Decumbente	60	50
		3	Postrado	15	12



Figura 34. Hábito de crecimiento: 1 Semi-erecto, 2 Decumbrente, 3 Postrado

b) Color del tallo

El color del tallo (CT) fue muy variado, dentro de la colección se registró cuatro tonalidades, así se destaca el color verde (50%), seguido por verde con pocas manchas (25%) mientras que, los tallos pigmentados con poco verde y los de tipo morado están presentes en un 12.5% (Tabla 22). Para Paxi et al. (2015) y González y Osorio (2014) las tonalidades antes mencionadas son propias de materiales nativos. Por otro lado, las variedades mejoradas no tienen variabilidad de color en el tallo predomina el color verde (Pumisacho y Sherwood, 2002).

c) Formas de las alas del tallo

Respecto a la característica, formas de alas del tallo (FAT), se identificó que la forma recta está presente en un 75% y el restante es de forma ondulado (Tabla 22 y Figura 34). Caso contrario presenta Seminario, Tapia y Seminario (2019) en la colecta de *S.tuberosum subsp.phureja* de Perú – Cajamarca, el 65% de los materiales presentan las alas del tallos con forma ondulado y el restante mantienen la forma recta.

Tabla 22.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del tallo en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D4	Color del tallo (CT)	1	Verde	60	50.00
		2	Verde con pocas manchas	30	25.00
		3	Pigmentado con poco verde	15	12.50
		4	Morado	15	12.50
D5	Forma de las alas del tallo (FAT)	1	Recto	90	75.00
		2	Ondulado	30	25.00



Figura 35. Color del tallo. 1 Verde, 2 Verde poco pigmentado, 3 Morado

d) Grado de floración

El grado de floración de las variedades en estudio fue de tipo floración moderada en un 50% y floración profusa en 50%. La floración de todos los cultivares de papa está ligada y controlada por el gen (*StSP3D*) mismas que responden a señales ambientales (Salomón et al., 2012). La floración en la producción y conservación es importante ya que coincide con el inicio de la tuberización (Rodríguez, Rico, Rodríguez-Molano y Núñez, 2010). Por ende, la capacidad fotosintética aumenta exportando la materia seca para el llenado y formación de los tubérculos (Rodríguez, Corchuelo y Núñez 2003).

e) Forma de la flor

La forma de la flor presentó tres variantes que son rotada 62%, muy rotada 25% y pentagonal 13% (Tabla 23). Seminario et al. (2019) y Monteros et al. (2010) presentan resultados similares con el 80% de las accesiones contienen flor rotada y el 20 % entre muy rotada, pentagonal, indicando que la característica predominante de la forma de la flor en las variedades nativas.

Tabla 23.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de forma de la corola en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D7	Forma de la corola	1	Pentagonal	15	13.00
		2	Rotada	75	62.00
		3	Muy rotada	30	25.00

f) Color de la flor

Respecto al color predominante en la flor en los materiales evaluados, prevalece el violeta 36%, seguido de la tonalidad violeta azulado (25%), mientras que los colores: blanco, violeta oscuro y violeta azulado claro está presente en un 13% para cada una; mientras que el color secundario en de la flor presenta rojo-rosado 63% y el 37% mantiene ausencia, a la vez el 48% se distribuye en el acumen y el 52% no presenta (Tabla 24 y Figura 35).

Las variaciones del color de la flor violeta, violeta azulada puede ser por la presencia de compuestos fenólicos, mientras que el color blanco puede ser por la presencia de

carotenoides (Peña y Restrepo, 2014). En Ecuador la zona con mayor variabilidad de flor se encuentra en la provincia de Cotopaxi (Monteros et al. 2010).

Tabla 24.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del color de la flor en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D8a	Color predominante de la flor	1	Blanco	15	13.00
		2	Violeta azulado claro	15	13.00
		3	Violeta	45	36.00
		4	violeta oscuro	15	13.00
		5	violeta azulado	30	25.00
D8c	Color secundario de la flor	1	Ausente	45	37.00
		2	Rojo-Rosado	75	63.00
D8d	Distribución del color secundario de la flor	1	Ausente	62	52.00
		2	Acumen (blanco) – envés	58	48.00



Figura 36. Color principal de la flor: 1 Blanco, 2 Violeta azulado, 3 Violeta, 4 Violeta oscuro, 5 Violeta azulado claro.

g) Color del cáliz

En lo que respecta al color del cáliz presentó tres tonalidades donde el verde es la que sobresalió con las siguientes características que son: verde con abundantes manchas (50%), seguido de verde con pocas manchas (37%) y pigmentado con poco verde (13%) (Tabla 25). La importancia de estudiar esta variable en caracterización molecular es debido a que aporta mayor variabilidad de las especies *S. tuberosum* y *S. phureja* (Navarro, Bolaños y Lagos, 2010).

Tabla 25.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del color del cáliz de la flor en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D9	Color del cáliz	1	Verde con pocas manchas	45	37.00
		2	Verde con abundantes manchas	60	50.00
		3	Pigmentado con poco verde	15	13.00

h) Color del pedicelo

La variable color del pedicelo expresa cinco pigmentaciones en su estructura en la que prevalece la condición mayormente pigmentado (37%) (Papa pan, Norteña y Papa mami), seguido de completamente pigmentado (25%) y menor porcentaje se evidenció, sólo articulación pigmentada (13%) ligeramente pigmentado y verde en (12.5%) (Tabla 26). Coincidiendo con los valores reportados por Martínez (2009).

Tabla 26.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del pedicelo de la flor en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D10	Color del pedicelo	1	Verde	15	12.50
		2	Sólo articulación pigmentada	16	13.00
		3	Ligeramente pigmentado a lo largo	15	12.50
		4	Mayormente pigmentado y articulación verde	44	37.00
		5	Completamente pigmentado	30	25.00

i) Color de la baya o fruto

El color de la baya o fruto registró tres colores en la que predomina el verde con pocos puntos (63%), las variedades pertenecientes a esta característica son: Chaucha amarilla (flor morada), Chaucha larga amarilla, Papa mami, Chaucha bolona amarilla y Chaucha roja. Por otro lado, la característica verde con áreas pigmentadas presentó menor proporción (12%) (Norteña) (Tabla 27 y Figura 36). Resultados diferentes reportó Monteros et al (2010) al presentar diferentes pigmentaciones de las bayas como: verde con abundantes manchas, predominantemente pigmentado, verde con pocos puntos bancos.

Tabla 27.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas en el color de la baya de ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D11	Color de la baya	1	Verde	30	25.00
		2	Verde con pocos puntos	75	63.00
		3	Verde con áreas pigmentadas	15	12.00



Figura 37. Formas de la baya. 1 Ovoide, 2 Cónica, 3 Periforme.

j) Forma de la baya

La forma de las bayas en las variedades: Chaucha amarilla (flor morada), Papa pan, Papa mami, Chaucha amarilla (flor blanca), Chaucha bolona amarilla y Chaucha roja presentaron la forma periforme (75%) (Tabla 28 y Figura 37), resultado diferente con respecto a Reategui et al. (2019) ya que en las variedades nativas estudiadas presentaron formas con tendencia a redondo esférico.

Tabla 28.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la baya en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D12	Forma de la baya	1	Oviode	15	12.50
		2	Cónica	15	12.50
		3	Periforme	90	75.00



Figura 38. Colores de la baya. 1 Verde, 2 Verde con pocos puntos blancos, 3 Verde con áreas pigmentadas

k) Color primario del tubérculo

La piel del tubérculo muestra mucha variabilidad que va desde color crema hasta violeta, de tal modo que las variedades Chaucha amarilla de flor blanca y morada, Papa pan y Chaucha bolona amarilla optaron el color amarillo (50%) y de color negruzco la variedad Norteña en menor proporción (12.5%) (Tabla 29 y Figura 38). Los resultados concuerdan con las colecciones de Perú y Ecuador, el color de los tubérculos mantiene similares tendencias (Seminario et al., 2019; Monteros et al., 2010 y Reategui et al., 2019).

Tabla 29.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la piel del tubérculo en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D16a	Color predominante del tubérculo	1	Crema	15	12.50
		2	Amarillo	60	50.00
		3	Rojo	30	25.00
		4	Negruzco	15	12.50
D16b	Intensidad del color predominante de tubérculo	1	Pálido/claro	30	24.00
		2	Intermedio	45	38.00
		3	Intenso/oscurο	45	38.00

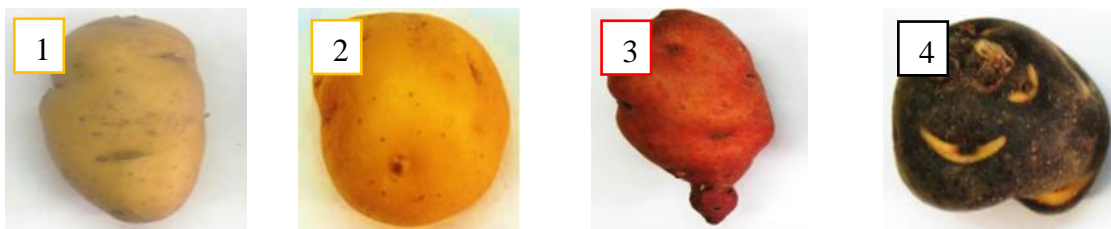


Figura 39. Color predominante del tubérculo. 1. Crema, 2. Amarillo, 3. Rojo, 4. Negruzco

l) Color secundario del tubérculo

La mayoría de los tubérculos no presentaron color secundario (75%) por ende no registraron distribución del color secundario (50%), sin embargo, hubo la presencia de algunos materiales muy llamativos con colores secundarios y distribución como la

accesión Norteña y Papa pan (Tabla 30 y Figura 39). Los datos obtenidos tienen una relación similar con lo reportado por Martínez (2009).

Tabla 30.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del color secundario del tubérculo en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D16c	Color secundario tubérculo	1	Ausente	90	75.00
		2	Blanco - crema	15	12.50
		3	Rojo - morado	15	12.50
D16d	Distribución del color secundario tubérculo	1	Ausente	60	50.00
		2	En los ojos	30	25.00
		3	Como anteojos	15	12.50
		4	Manchas salpicadas	15	12.50



Figura 40. Colores secundarios de los tubérculos. 1 En los ojos, 2 Manchas salpicadas, 3 Como anteojos

m) Formas del tubérculo

La forma del tubérculo que tienen los tubérculos es muy variada, sin embargo, la forma comprimido fue la más abundante, las accesiones con estas características son: Papa pan, Norteña, Chaucha amarilla (flor blanca), también se evidenció tubérculos con forma redonda, ovalado, oblongo – alargado en menor proporción (12.50%). Egúsqiza (2000) menciona que las formas más comunes de los tubérculos son comprimidas, redondas, ovaladas; pero que puede existir la presencia de formas muy tuberosadas, clavadas, reniformes entre otras.

En Ecuador en las provincias de Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo mantienen la forma comprimida corroborando con los datos obtenidos, sin embargo, en la provincia del Carchi prevalece la forma redonda (Monteros, 2010). Por otro lado, la profundidad de los ojos es superficial en la mayoría de los materiales, la variedad Norteña es la única que presenta los ojos profundos, Reategui et al. (2019) obtiene datos similares en cuanto a profundidad de ojos (Tabla 31).

Tabla 31.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas de la forma del tubérculo en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D17a	Forma general	1	Comprimido	45	37.50
		2	Redondo	15	12.50
		3	Ovalado	15	12.50
		4	Obovado	15	12.50
		5	Oblongado - alargado	30	25.00
D17c	Profundidad de ojos	1	Sobresaliente	44	37.00
		2	Superficial	45	38.00
		3	Medio	16	13.00
		4	Profundo	15	12.00

n) Color de la pulpa y distribución

La mayoría de las accesiones evaluadas presentaron tonalidades amarillas en la pulpa (62%). De igual manera el color secundario y distribución únicamente presentó la variedad Norteña (Tabla 32 y Figura 40, 41). Corroborando con los datos obtenidos en la presente investigación, los materiales nativos procedentes de la provincia de Chimborazo contienen la pulpa con color amarillo (Monteros et al. 2010).

Tabla 32.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del color de la pulpa tubérculo en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D18a	Color predominante	1	Blanco	46	38.00
		2	Amarillo	74	62.00
D18b	Color secundario	1	Ausente	105	88.00
		2	Morado	15	12.00
D18c	Distribución del color secundario	1	Ausente	105	88.00
		2	Pocas manchas	15	12.00

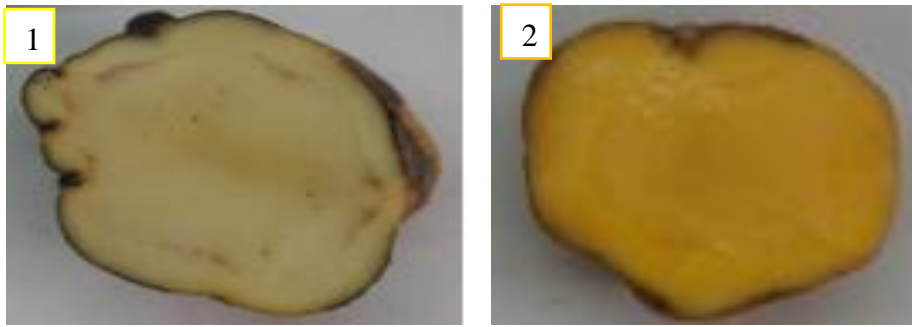


Figura 41. Color predominante 1 Blanco, 2 Amarillo



Figura 42. Color secundario 1 Ausente, 2 Pocas manchas moradas

o) **Color del brote**

El color blanco predomina en el brote (50%), las variedades con esta característica son: Chaucha amarilla de (flor blanca y morada), Chaucha bolona amarilla y Chaucha roja mientras que la variedad Norteña y Chaucha larga amarilla contienen brotes de color morado (30%). La variedad Chaucha roja es la única que mantiene el color secundario de color blanco con distribución en el ápice (Tabla 33 y Figura 42). Seminario et al. (2019) afirman que la mayoría de los brotes tienen el color blanco, sin embargo, se dan variaciones de tonalidad y distribución como, por ejemplo: blanco con morado, blanco verdoso distribuido en la base entre otros, según el tiempo y estado fenológico.

Tabla 33.

Frecuencia absoluta y relativa para las características cualitativas del brote del tubérculo en ocho variedades de papa nativa.

Código	Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
D23a	Color predominante	1	Blanco	60	50.00
		2	Rojo	15	12.50
		3	Morado	30	25.00
		4	Violeta	15	12.50
D23b	Color secundario	1	Ausente	105	88.00
		2	Blanco	15	12.00
D23c	Distribución del color secundario	1	Ausente	105	88.00
		2	En el ápice	15	12.00



Figura 43. Color del brote: 1 Blanco, 2 Rojo, 3 Violeta, 4 Morado

4.2 Análisis de conglomerados

El agrupamiento jerárquico de Ward (1963) obtenido a partir de la matriz de distancia generada por el algoritmo de Gower, identificó tres grupos (G1, G2 y G3) de entradas (Tabla 34), representadas en un dendrograma (Figura 54) mismo que muestra la variabilidad y parentesco genético entre cultivares y grupo de cultivares. El dendrograma obtenido, mantiene similar agrupación entre las variedades Chauchas en comparación con Monteros-Altamirano (2018).

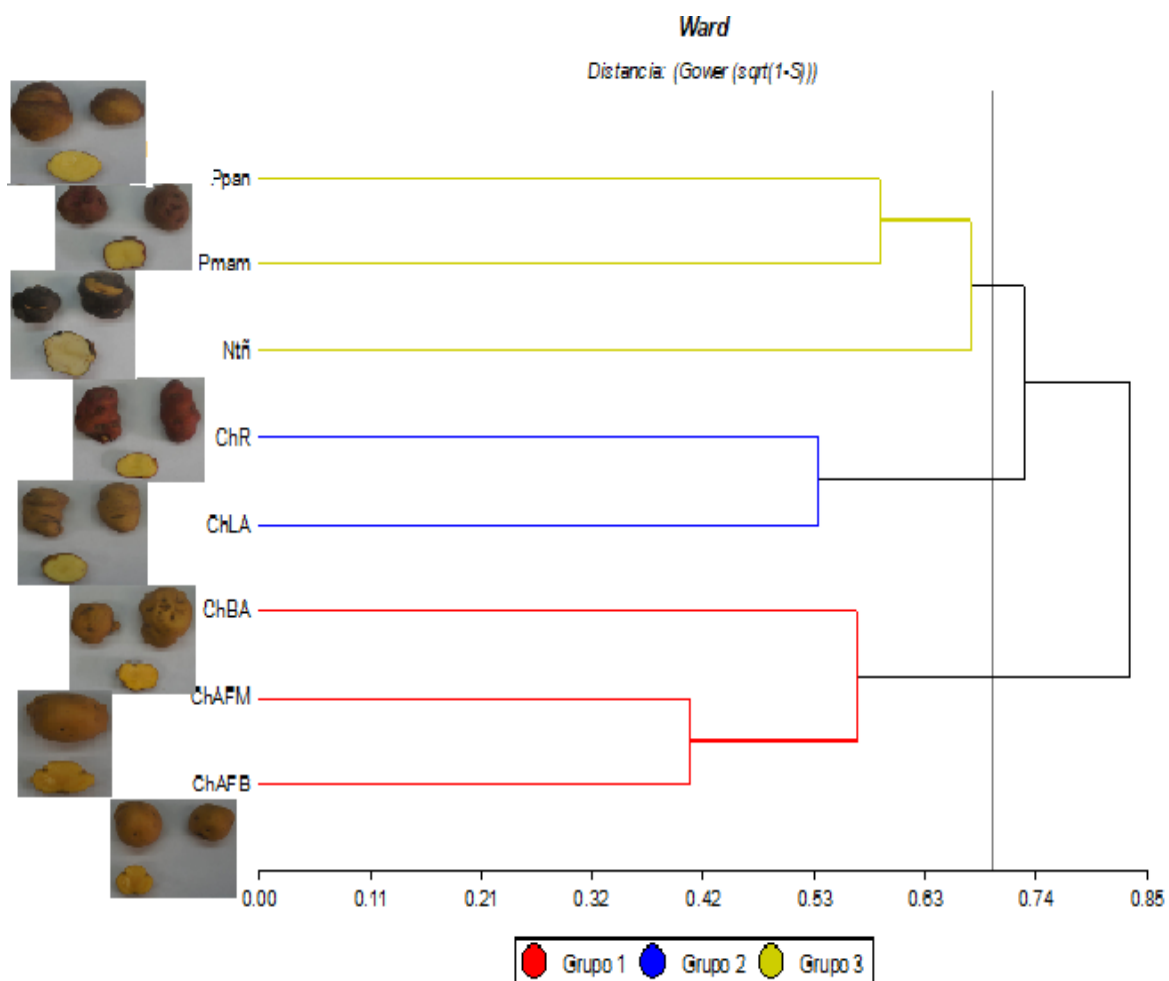


Figura 44. Dendrograma obtenido por el análisis de conglomerados para las variables cualitativas y cuantitativas en ocho materiales de papa nativa (*Solanum tuberosum*.) basada en las distancias genéticas de Gower, según los datos morfológicos.

Es así, el Grupo 1 está conformado por tres entradas pertenecientes a las variedades: Chaucha Bolona Amarilla, Chaucha Amarilla de flor blanca y morada, estas accesiones contienen un promedio de 4.00 tubérculos/planta, rendimiento de 0.43 kg/m, tasa de extracción del 63.67%.

Por otro lado, el Grupo 2 está integrado por dos variedades pertenecientes a Chaucha Roja y Chaucha Larga Amarilla, con promedio de 5.00 tubérculos/planta, rendimiento de 0.51 kg/m² y tasa de extracción de 73%.

Finalmente, el Grupo 3 abarca a las entradas pertenecientes a Norteña, Papa mami y Papa pan, comparte la misma característica con el grupo 1 en cuanto al número promedio de tubérculos/planta y con el grupo 2 mantiene la misma tasa de extracción y el rendimiento promedio es de 0.37 kg/m²

La adaptabilidad de los materiales se da por la interacción genotipo x ambiente con una variación en el rendimiento del 60.82%, mientras que el efecto del genotipo es de 26.03% y el ambiente 13.50% (Tirado, Tirado y Mendoza, 2018). En la presente investigación los

resultados de rendimiento expresaron alrededor del 60.82% menos con lo reportado por Martínez (2009).

4.3 Valor discriminante para los caracteres cualitativos y cuantitativos

A los descriptores cualitativos y cuantitativos se realizaron pruebas estadísticas que permitieron identificar descriptores discriminantes, mismos que aportan en la diferenciación o similitud en los conglomerados, a continuación, se detalla la información obtenida.

4.3.1 Caracteres cuantitativos

Mediante la prueba de Fisher al 5%, se identificó que, de 10 variables cuantitativas empleadas, nueve son altamente significativas por ende contribuyen en la diferenciación de grupos (Tabla 34). La variable número de tubérculos por planta no resultó ser significativa.

Tabla 34.

Valores promedio para caracteres cuantitativos de los tres grupos de papa nativa (*Solanum tuberosum*).

Código	Descriptor	G1	G2	G3	CV	P-Valor
D3	Número de foliolos*	3.40 ±0.09	3.40 ±0.11B	2.98 ±0.09A	18.26	0.0012
D3a	Número de interhojuelas entre foliolos laterales*	0.33 ± 0.16 A	3.27 ± 0.19 B	3.42 ±0.16B	47.53	<0.0001
D13	Número de interhojuelas entre foliolos laterales*	0.33 ±0.16A	3.27 ±0.19B	3.42 ±0.16B	47.53	<0.0001
D14	Número de interhojuelas sobre peciolulos*	0 chi ±0.07A	0.13 ±0.08 AB	0.29 ±0.07B	324.40	0.0137
D19	Número de tubérculos/planta (g) ^{ns}	3.72 ±0.6A	4.2 ±0.6A	4.09 ±0.6A	101.32	0.8511
D20	Rendimiento por metro cuadrado(kg/m2)*	0.43 ±0.03AB	0.51 ±0.04B	0.37 ±0.03A	53.73	0.038
D21	Tasa de extracción*	63.67 ±0.97A	73.00 ±1.19B	73.00 ±0.97B	9.37	<0.0001
D24	Días a la brotación del tubérculo semilla*	25.00 ±0.81A	27.00 ±0.99B	33.33 ±0.81B	18.85	<0.0001
D26	Días a la emergencia*	17.67 ±0.23C	16.00 ±0.28A	23.76 ±0.23C	7.81	<0.0001
D27	Días a la floración*	89.33 ±0.32B	86.50 ±0.40A	95.11 ±0.32C	2.39	<0.0001

CV: Coeficiente de variación. *: Significativo al 5% de probabilidad, ns: No significativo

4.3.2 Caracteres cualitativos discriminantes

Mediante el análisis de las tablas de contingencia (Anexo) se obtuvieron valores de Chi², Valor de Crammer, Coeficiente de Pearson y P-valor (Tabla 35), los descriptores cualitativos empleados en la presente investigación resultaron ser discriminantes.

Tabla 35.

Valores promedio para caracteres cualitativos de los tres grupos de papa nativa (Solanum tuberosum).

Código	Variable	Chi ²	Gl	Valor Crammer	Coefficiente Pearson	P-Valor
D10	Color del pedicelo	235.00	8	0.81	0.81	<0.0001
D17a	Tubérculo, forma general	186.67	8	0.72	0.78	<0.0001
D1	Hábito de crecimiento	140.00	4	0.62	0.73	<0.0001
D16a	Tubérculo, color predominante	124.09	6	0.59	0.71	<0.0001
D8a	Flor, color predominante	123.33	8	0.59	0.71	<0.0001
D16b	Tubérculo, intensidad del color predominante	123.33	4	0.59	0.71	<0.0001
D16d	Tubérculo, distribución del color secundario	120.00	6	0.58	0.71	<0.0001
D18a	Pulpa, color principal	115.86	2	0.69	0.70	<0.0001
D4	Color del tallo	115.00	6	0.57	0.70	<0.0001
D23a	Brote, color principal	115.00	6	0.57	0.70	<0.0001
D17b	Tubérculo, profundidad de los ojos	114.51	6	0.56	0.70	<0.0001
D8c	Flor, color secundario	77.33	2	0.57	0.63	<0.0001
D12	Forma de la baya	76.67	4	0.46	0.62	<0.0001
D9	Color del cáliz	71.67	4	0.45	0.61	<0.0001
D5	Formas de las alas del tallo	66.67	2	0.53	0.60	<0.0001
D16c	Tubérculo, color secundario	66.67	4	0.43	0.60	<0.0001

D23b	Brote, color secundario	51.43	2	0.46	0.55	<0.0001
D23c	Brote, distribución del color secundario	51.43	2	0.46	0.55	<0.0001
D7	Forma de la corola	48.00	4	0.37	0.53	<0.0001
D11	Color de la baya	48.00	4	0.37	0.53	<0.0001
D6	Grado de floración	40.00	2	0.41	0.50	<0.0001
D8d	Flor, distribución del color secundario	37.60	2	0.40	0.49	<0.0001
D8b	Flor, intensidad del color predominante	35.00	4	0.31	0.48	<0.0001
D18b	Pulpa, color secundario	28.57	2	0.35	0.44	<0.0001
D18c	Pulpa, distribución del color secundario	28.57	2	0.35	0.44	<0.0001

Gl: Grados de libertad. *: Significativo al 5% de probabilidad. ns: No significativo

4.4 Análisis de caracteres por grupos conformados

a) Hábito de crecimiento

El Grupo 1 se caracteriza por presentar el 100% de las accesiones el hábito de crecimiento semi-erecto, las variedades pertenecientes a este grupo son Chaucha amarilla de flor blanca, morada y Chaucha bolona amarilla, mientras que en los Grupos 2 conformado por las accesiones Chaucha larga amarilla y Chaucha roja y el Grupo 3 prevalece la forma decumbente (Papa pan y Norteña) y en este último grupo es posible encontrar en un 40% la forma tipo postrado (Papa mami) (Figura 44).

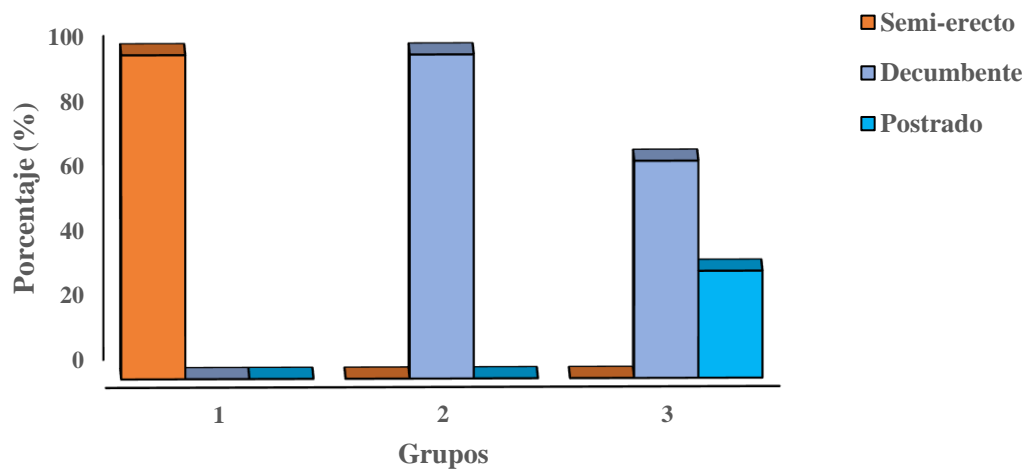


Figura 45. Porcentaje del hábito de crecimiento de las variedades nativas en los grupos conformados.

En la Figura 45 se puede visualizar las tres características relacionadas al hábito de crecimiento de papa nativa.



Figura 46. Hábito de crecimiento: 1.- Decumbente, 2.- Semi-erecto y 3.- Postrado

b) Color del tallo

Con respecto al color del tallo, el grupo 1 conformado por las variedades Chaucha amarilla de flor blanca y morada y Chaucha bolona amarilla predomina el color verde, mientras que el grupo 2 presenta una coloración verde (Chaucha larga amarilla) y verde con pocas manchas (Chaucha roja) en un 50% cada una de uno de los estados de este carácter, por otra parte, en el grupo 3 se puede encontrar tres tipos de coloraciones, verde con pocas manchas (Papa pan), morado (Norteña) y pigmentado con poco verde (Papa mami) (Figura 46).

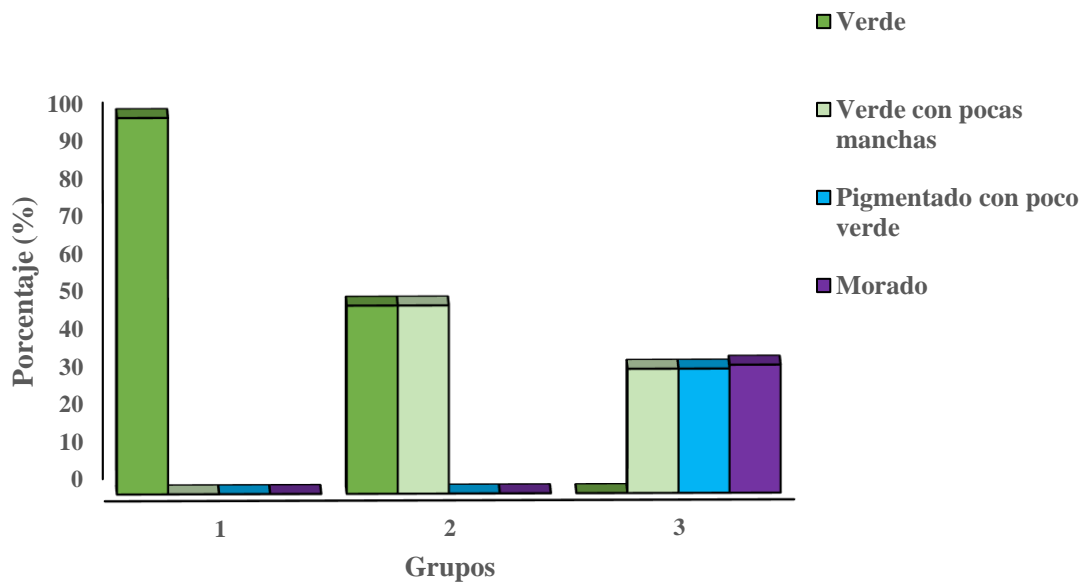


Figura 47. Porcentaje de color de tallo de las variedades nativas

El color del tallo en las variedades nativas, en la presente investigación se presentaron cuatro colores presentes en los grupos conformados (Figura 47).



Figura 48. Color del tallo: 1: Verde, 2: Verde con pocas manchas, 3: Pigmentado con poco verde y 4.- Morado

c) Formas de las alas del tallo

En cuanto a la forma de las alas, los grupos 2 y 3 presentaron un solo tipo de alas rectas, mientras que el grupo 1 muestra que el 30% (Chaucha amarilla flor blanca) de plantas tiene alas rectas y el 70% (Chaucha amarilla flor morada y Chaucha bolona amarilla) presenta alas onduladas. Sin embargo, los tres grupos presentan la forma de alas rectas (Figura 48).

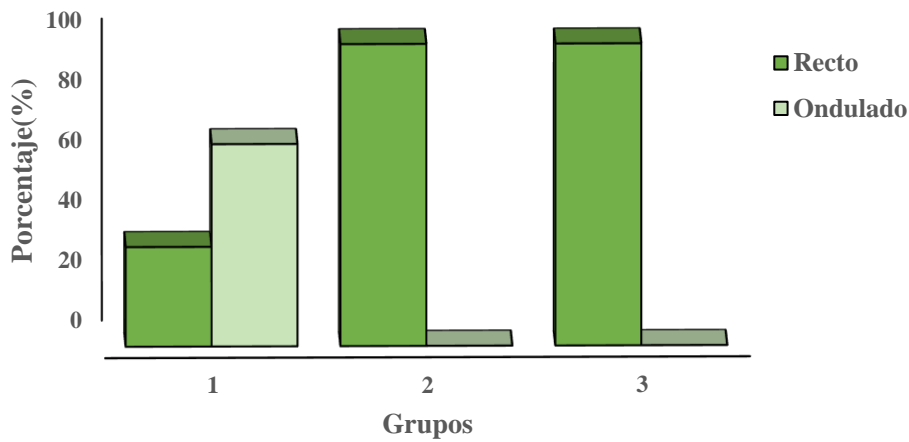


Figura 49. Porcentaje de forma de las alas del tallo en grupos conformados

d) Color del cáliz

Con respecto al color del cáliz en todos los grupos está presente la coloración verde con abundantes manchas, sin embargo, el grupo 1 tiene 65% de color verde con pocas manchas y 35% de color verde con abundantes manchas, mientras que el grupo 2 presenta 50% de verde con abundantes manchas y 50% de color pigmentado con poco verde, el grupo 3 presentó un 35% de verde con pocas manchas y un 65% de verde con abundantes manchas (Figura 49).

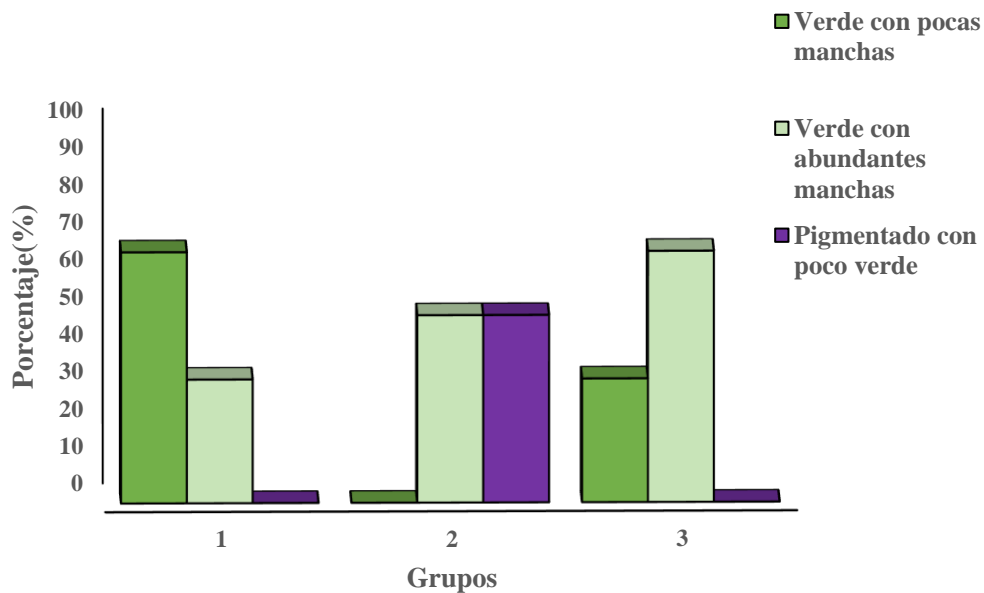


Figura 50. Porcentaje del color del cáliz de las papas nativas en grupos conformados

e) Color del pedicelo

Respecto al color del pedicelo, los Grupos 2 y 3 presentaron una sola coloración, la cual fue completamente pigmentado y mayormente pigmentado articulación verde. Mientras que el Grupo 1 presentó tres coloraciones con 33.3% verde, 33.3% solo articulación pigmentada y 33.3% ligeramente pigmentado a lo largo (Figura 50).

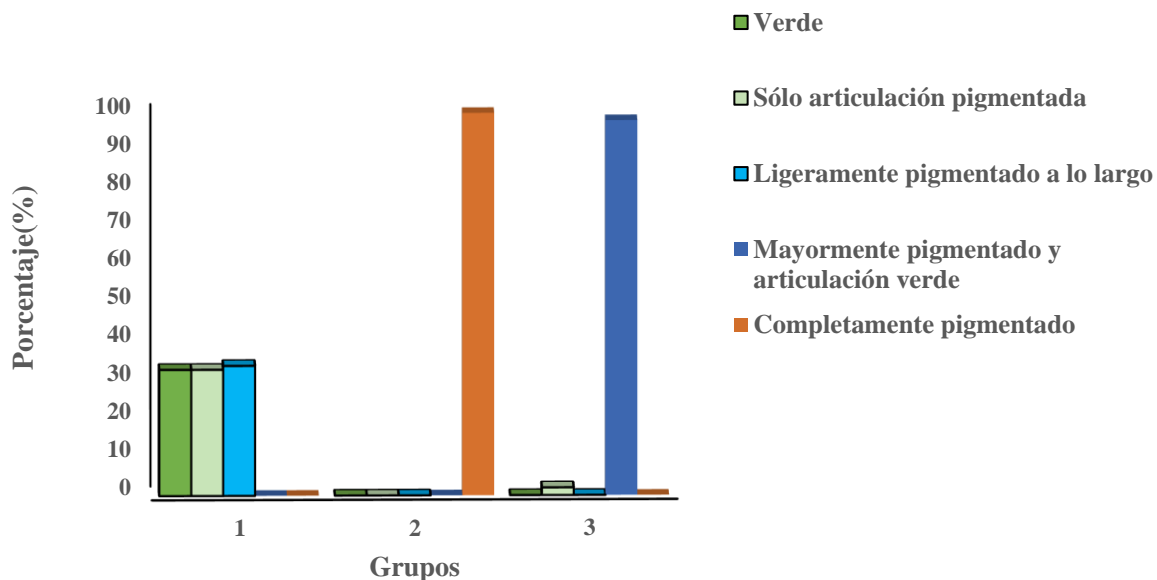


Figura 51. Porcentaje de color del pedicelo de los materiales de papa nativa en grupos conformados.

f) Grado de floración

Respecto al descriptor grado de floración, se puede observar que los tres grupos comparten un tipo de floración profusa. Sin embargo, los grupos 1 y 3 presentan similitud con respecto al grado de floración con 65% de floración moderada y un 35% de floración profunda, mientras que el grupo 2 solo presenta una floración profusa (Figura 51).

Las accesiones con floración profusa son: Chaucha bolona amarilla (grupo 1), Papa pan (grupo 2), Chaucha roja y Chaucha larga amarilla (grupo 3).

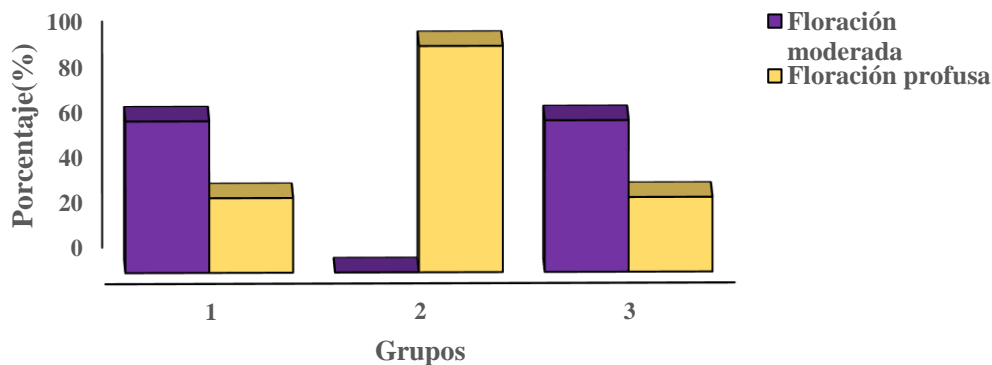


Figura 52. Porcentaje de grado de floración en las variedades nativas en grupos conformados

Por otro lado, la floración se presentó en dos características que son floración moderada y profusa (Figura 52).



Figura 53. Grado de floración: 1.- Floración profusa, 2.- Floración moderada

g) Forma de la flor

Respecto a esta característica, el grupo 2 presenta una sola forma de corola que es rotada, el grupo 1 presenta un 65% de corola rotada (Chauca amarilla de flor blanca y morada) y un 35% (Chauca bolona amarilla) de corola muy rotada, mientras que el grupo 3 presenta las tres formas distribuidas: Papa pan pentagonal, Norteña muy rotada y Papa mami rotada. Además, los tres grupos comparten un tipo de forma rotada (Figura 53).

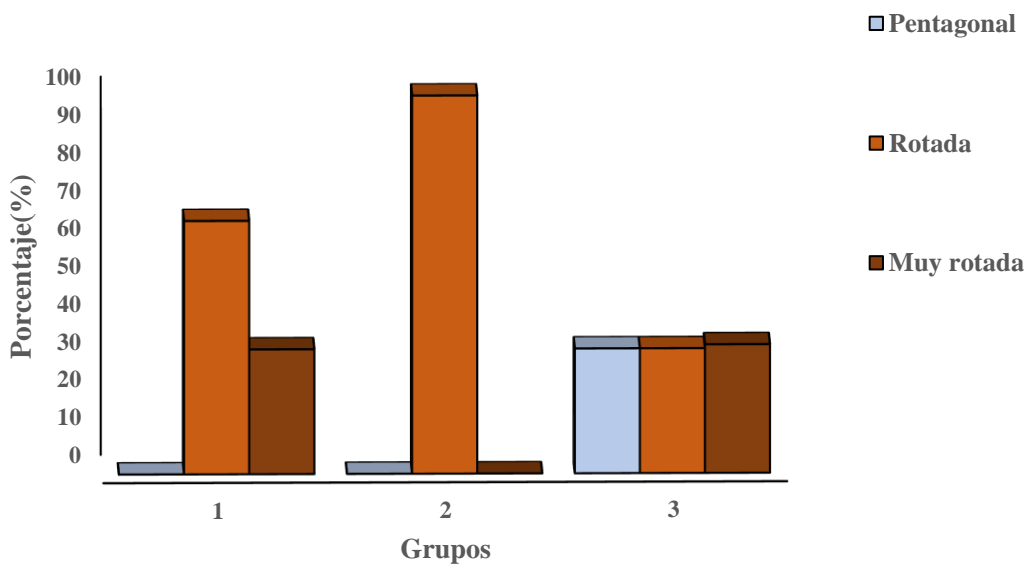


Figura 54. Porcentaje de forma de la corola de los materiales de papa nativa en grupos conformados

Las flores, en las accesiones nativas presentaron tres aspectos según el agrupamiento que se detallan en la figura 54



Figura 55. Forma de la corola: 1: Pentagonal, 2: Rotada, 3: Muy rotada

h) Color predominante de la Flor

El color predominante de la flor en los grupos conformados se distribuyó de la siguiente manera: en el grupo 1 la Chaucha amarilla tiene flor blanca (25%) también, la Chaucha bolona amarilla y Chaucha amarilla tienen color violeta azulado oscuro (75%). Mientras que el grupo 2 la Chaucha amarilla larga presentó el color púrpura y la Chaucha roja violeta azulado. Por último, el grupo 3 con cada accesión que le conforma registró color distinto para cada material. Quedando de la siguiente manera: Papa mami violeta oscuro, Norteña púrpura y Papa pan violeta azulado (Figura 55).

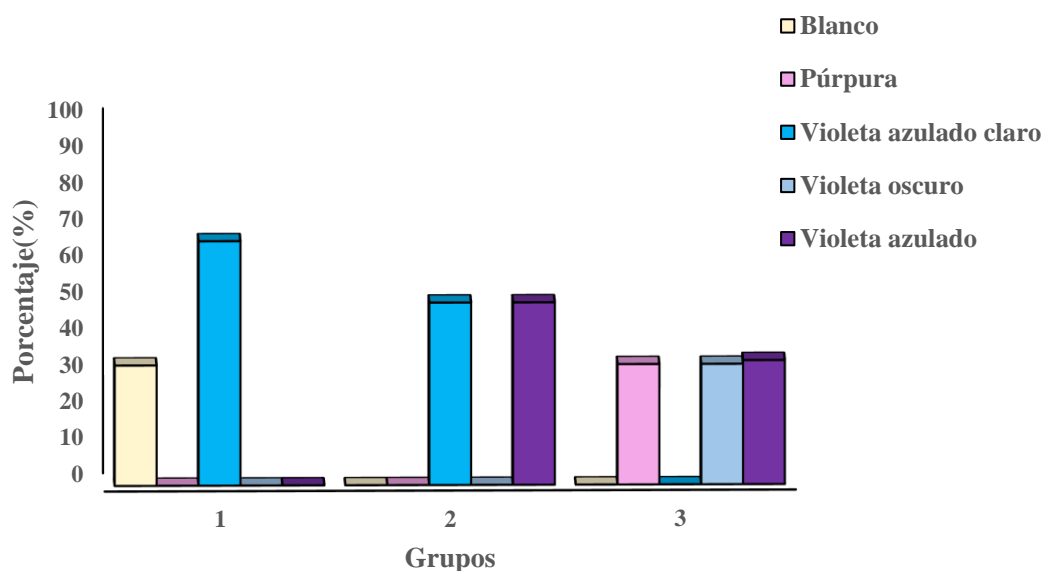


Figura 56. Color predominante de papa nativa en grupos conformados.

En la figura 56, se puede apreciar los cinco colores presentes en las variedades nativas evaluadas en la presente investigación.



Figura 57. Color predominante de la flor: 1.- Blanco, 2.- Púrpura, 3.- Violeta azulado claro, 4.- Violeta oscuro, 5.- Violeta azulado.

i) Color de la baya

Respecto a esta característica, el grupo 2 presenta un solo color de baya que es el verde con pocos puntos blancos, el grupo 1 presenta un 35% de color verde y un 65% de color verde con pocos puntos blancos, mientras que el grupo 3 presenta los tres estados del descriptor en mención. (Figura 57).

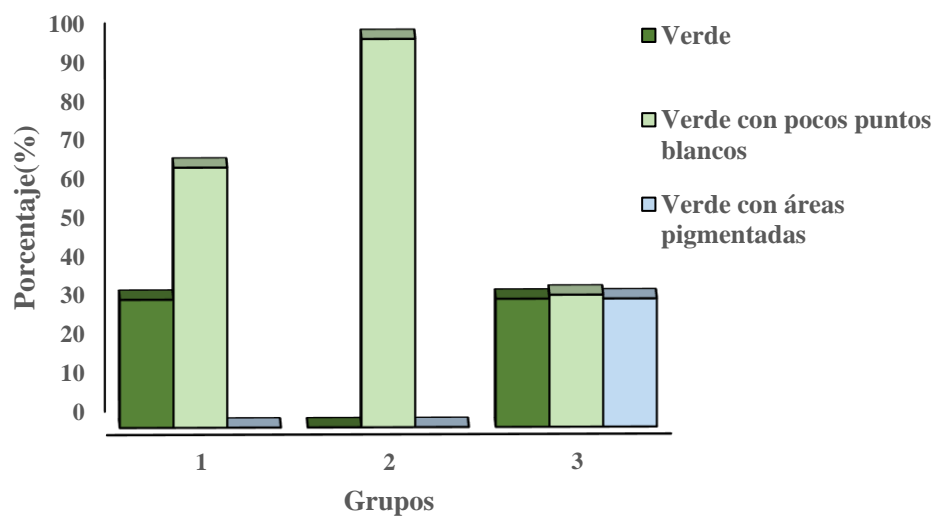


Figura 58. Porcentaje de color de la baya de las variedades nativas en grupos conformados.

Con respecto a la baya, presentó tres colores distribuidos en los grupos conformados (Figura 58).



Figura 59. Color de la baya: 1.- Verde, 2.- Verde con pocos puntos, 3.- Verde con áreas pigmentadas.

j) Forma de la baya

Con relación a la forma de la baya, se observó que todos los grupos presentan la baya de forma periforme, sin embargo, en el grupo 2 se encuentra también la forma cónica en un 50%, mientras que el grupo 3 la forma ovoide está presente en un 35% (Figura 59).

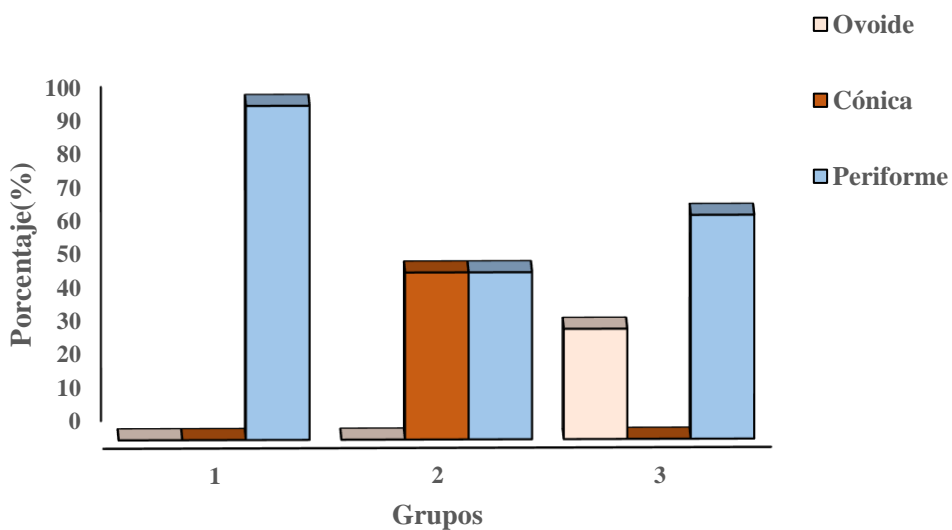


Figura 60. Porcentaje de forma de la baya de las variedades nativas en grupos conformados

En cuanto a la variable forma de la baya, la figura 60 muestra tres formas identificadas en los grupos conformados.

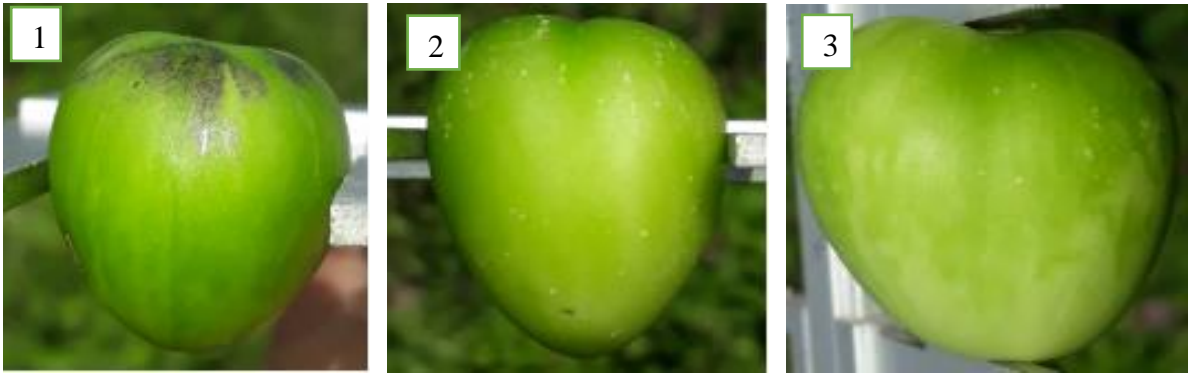


Figura 61. Forma de la baya: 1.- Ovoide, 2.- Cónica, 3.- Periforme

k) Tubérculo, color predominante

Dentro del color dominante del tubérculo, el grupo 1 solo presentó una coloración amarilla (Chaucha bolona amarilla, Chaucha amarilla de flor blanca y morada), mientras que el grupo 2 presentó una coloración crema (Chaucha larga amarilla), y roja (Chaucha roja) 50%. El grupo 3 presenta tres tipos de coloraciones amarillo (Papa pan) rojo (Papa mami) y negruzco (Norteña) 33.3% (Figura 61).

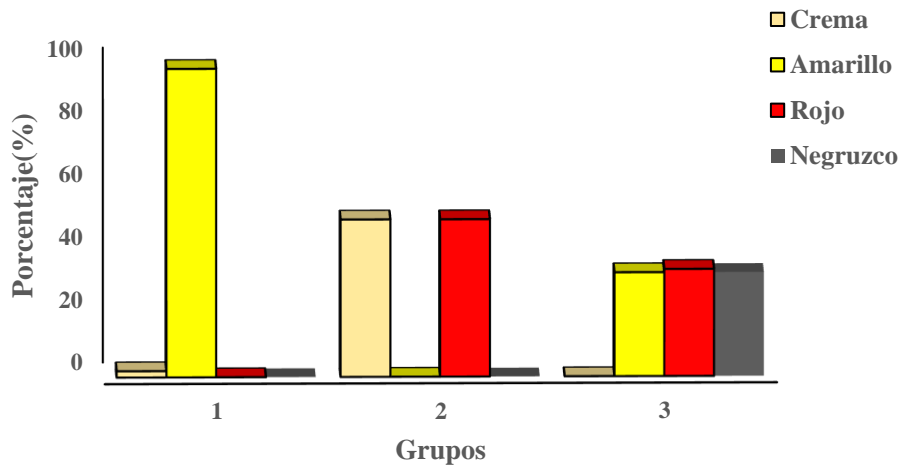


Figura 62. Porcentaje de color predominante en el tubérculo de las variedades nativas en grupos conformados

En la figura 62 se puede observar cuatro características relacionadas al descriptor del color del tubérculo de las variedades nativas.



Figura 63. Color predominante del tubérculo: 1.- Crema, 2.- Negruzco, 3.- Amarillo, 4.- Rojo.

l) Tubérculo, color secundario

El grupo 1 y 2 no tienen color secundario en el tubérculo, mientras que el grupo 3 presentó un 33.3% de color crema (Papa pan) y un 33.3% de color morado (Norteña), y un 33% no presenta color secundario (Figura 63).

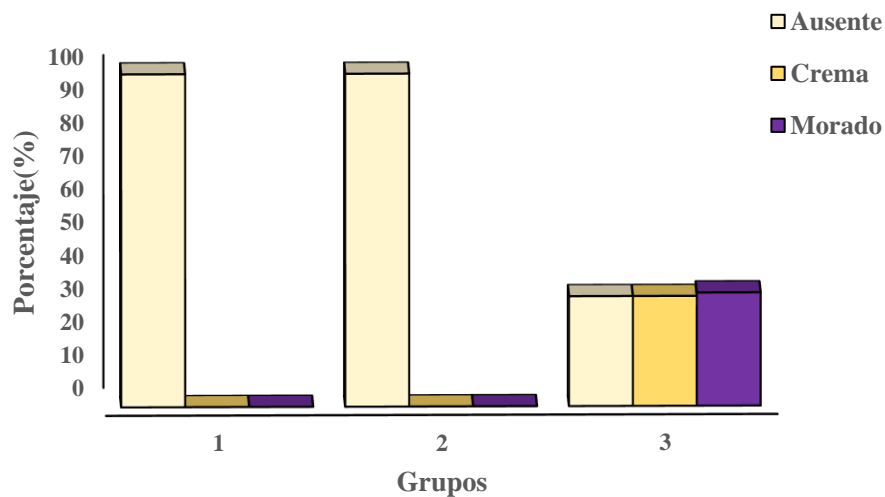


Figura 64. Porcentaje de color secundario en el tubérculo de las variedades nativas en grupos conformados

m) Tubérculo, distribución del color secundario

El grupo 1 y 2 presenta ausencia de color secundario del tubérculo, mientras que el grupo 3 presentó dos distribuciones: como anteojos (Norteña) y manchas salpicadas (Papa mami) con un 33.3% respectivamente (Figura 64).

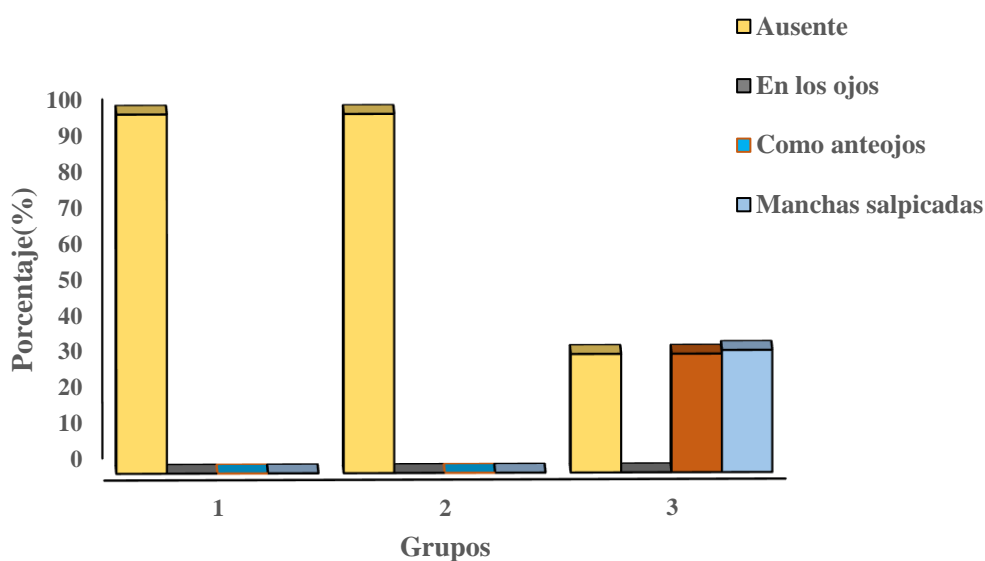


Figura 65. Porcentajes de distribución del color secundario en el tubérculo de los materiales de papa nativa en grupos conformados.

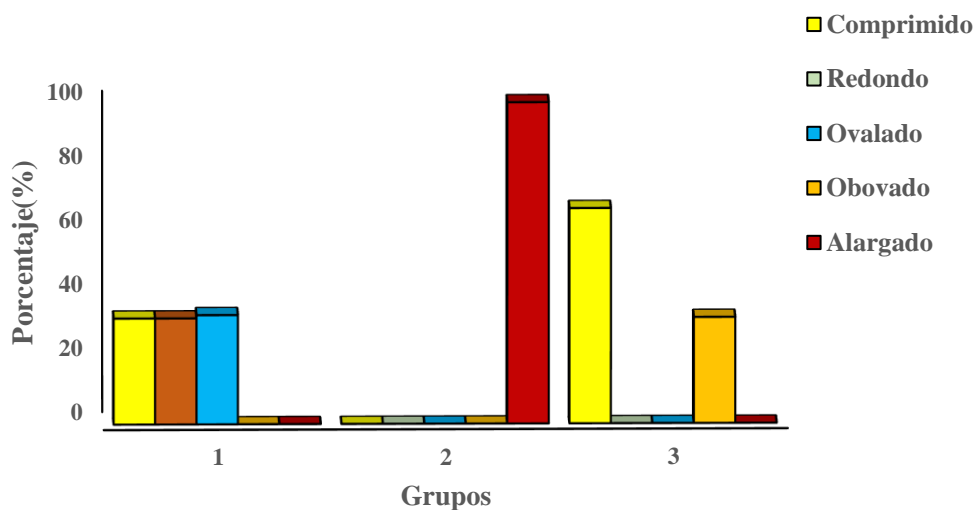
En la figura 65 se puede observar dos variaciones con respecto la distribución del color secundario de los tubérculos nativos.



Figura 66. Distribución del color secundario: 1.- Como anteojos, 2.- En los ojos

n) Tubérculo, forma general

Respecto a la forma general del tubérculo, el grupo 2 solo presenta una forma la cual es alargada (Chaucha larga amarilla y Chaucha roja), además, la forma comprimida se presentó en el grupo 1 y 3, el grupo 3 presenta un 65% de forma comprimida (Papa pan y Norteña) y un 35% de forma ovalada (Papa mami) (Figura 66), por último, la mayor variabilidad de formas se centró en el grupo 1 con formas: comprimido (Chaucha amarilla flor blanca), Ovoidado (Chaucha bolona amarilla) y ovalada (Chaucha amarilla flor blanca) con 33.33% para cada una.



.Figura 67. Porcentaje de forma general del tubérculo de las variedades nativas en grupos conformados.

En los grupos conformados se identificaron cinco formas del tubérculo, mismos que se pueden visualizar en la figura 67.

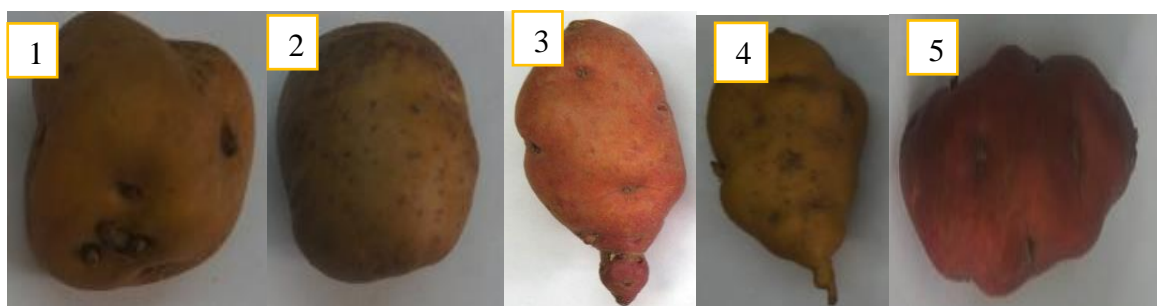


Figura 68. Forma general del tubérculo: 1.- Comprimido, 2.- Redondo, 3.- Ovalado, 4.- Obovado, 5.- Alargado

o) Tubérculo, profundidad de los ojos

Con respecto a la profundidad de los ojos del tubérculo, se observa que el grupo 2 presenta una profundidad sobresaliente, mientras que el grupo 3 presenta profundidades superficiales, medias y profundas con un 33.3%; el grupo 1 presenta un 35% de profundidad sobresaliente y un 65% de profundidad superficial (Figura 68).

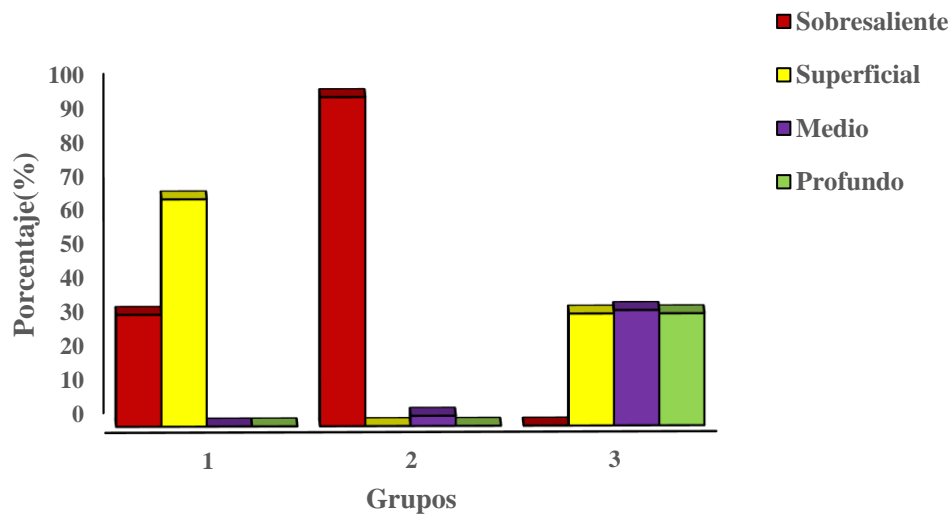


Figura 69. Porcentaje de profundidad de los ojos de los tubérculos en las variedades nativas en grupos conformados.

p) Color principal de la pulpa

Como se observa en figura 69 no existe diversidad del color principal de la pulpa, la distribución en el grupo 2 y 3 son de color amarillo, mientras que en el grupo 1 presenta materiales con pulpa blanca.

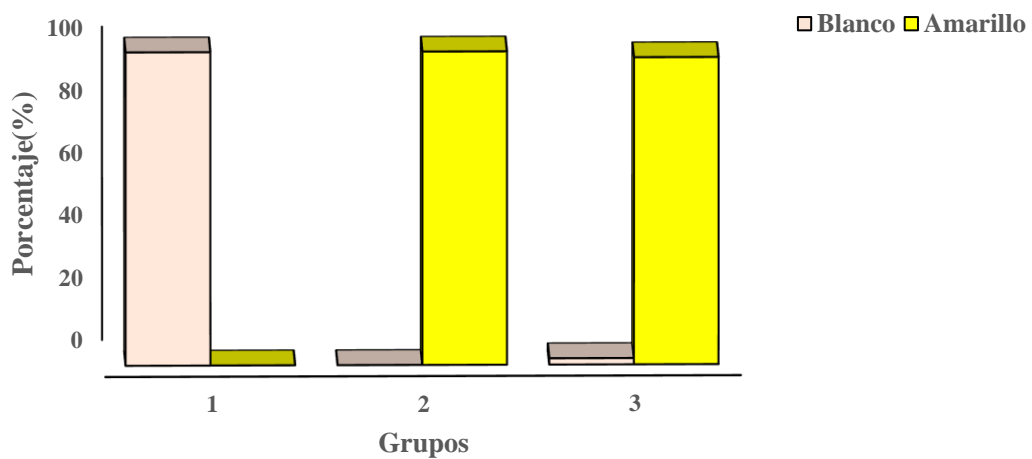


Figura 70. Porcentaje de color principal en la pulpa del tubérculo de las variedades nativas en grupos conformados.

q) Color secundario de la pulpa y distribución

Solo en el grupo 3 es posible encontrar en un 25% de las accesiones de este grupo materiales que presentan pigmentación color morado y pocas manchas; color que está relacionado con la cantidad de antocianinas y que corresponde a la muestra (Norteña) (Figura 70 y 71).

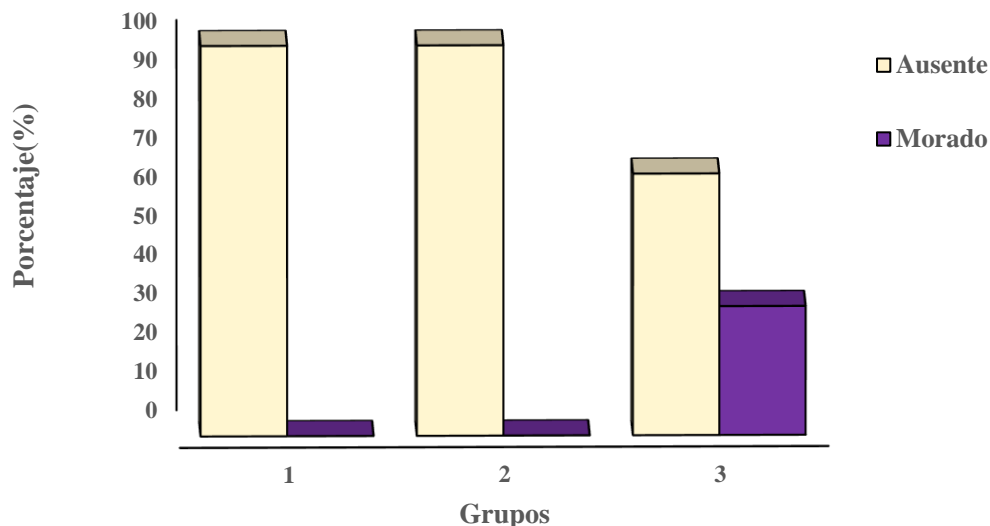


Figura 71. Porcentaje del color secundario en la pulpa de los tubérculos de las variedades nativas en grupos conformados.

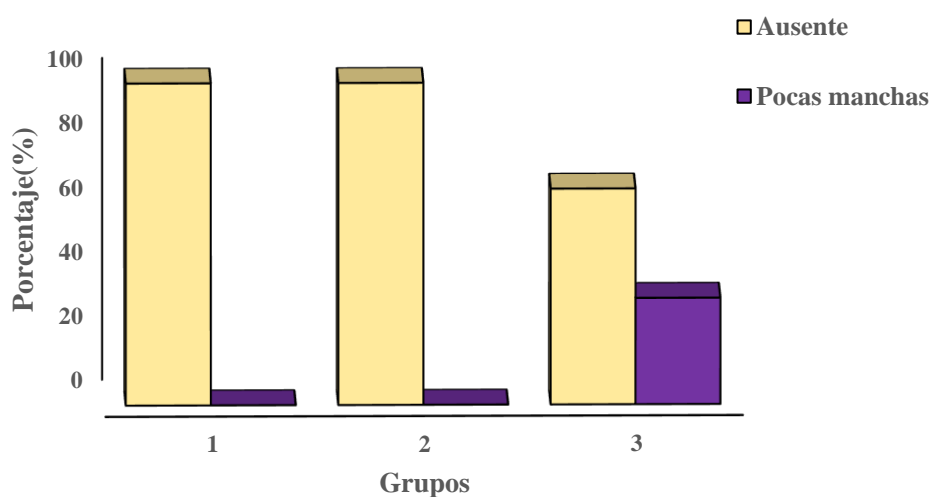


Figura 72. Porcentaje de distribución del color secundario en la pulpa de los tubérculos de los materiales de papa nativa en grupos conformados.

r) Color principal del brote

El 100% de las accesiones del grupo 1 presentaron brotes color blanco, en el grupo 2 se identificó a dos colores el blanco y morado en un 50% para cada estado, mientras que el grupo 3 presentó brotes color rojo (Papa mami), morada (Norteña) y violeta (Papa pan) en un 33.3% cada uno (Figura 72).

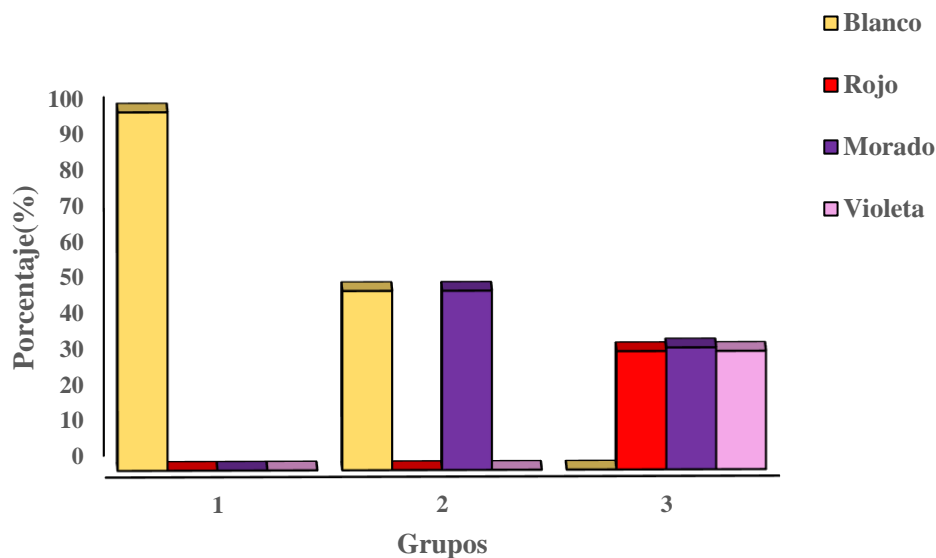


Figura 73. Porcentaje del color principal en el brote de los tubérculos en los materiales de papa nativa en grupos conformados.

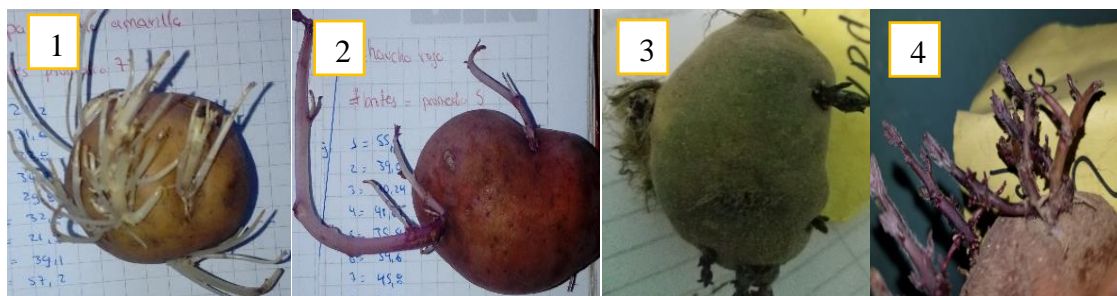


Figura 74. Color primario del brote: 1.- Blanco, 2.-Rojo, 3.- Morado, 4.- Violeta

s) Color secundario y distribución del brote

Respecto al color secundario del brote, el grupo 1 y 3 no presentan color secundario en el brote del tubérculo, mientras que en el grupo 2 el 50% de las accesiones de este grupo no presenta brotes con color secundario y el restante presenta brotes con color secundario color rosado que está distribuido hacia el ápice el brote (Chaucha roja) (Figura 74).

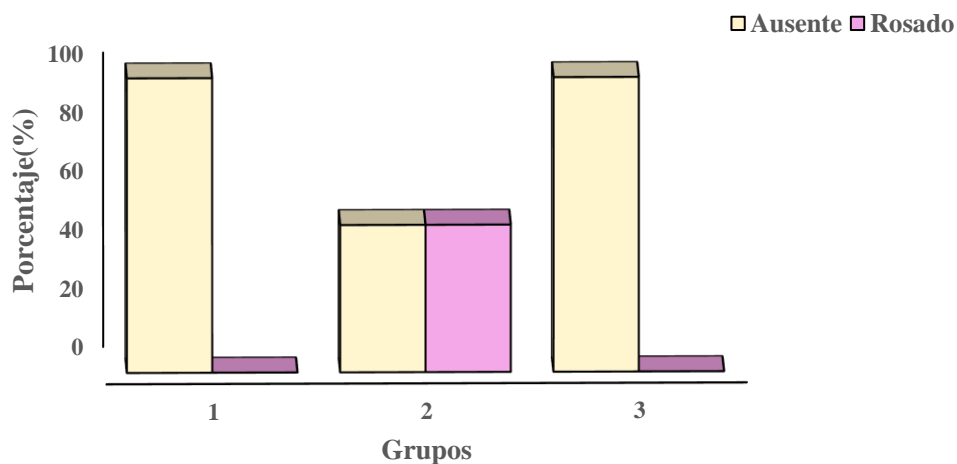


Figura 75. Porcentaje de color secundario en los brotes de los tubérculos en las variedades nativas, en grupos conformados.

4.5 Materiales promisorios

Para identificar los materiales promisorios para la zona alta del cantón Cotacachi se utilizaron cinco descriptores cuantitativos relacionados con la producción que son: número de tubérculos/planta, rendimiento/m², tasa de extracción, días a la brotación del tubérculo semilla y días a la floración.

Los resultados obtenidos en la presente investigación se detallan en la Tabla 23. El material que mejor se adaptó a las condiciones edafoclimáticas de Cotacachi fue la variedad Chaucha roja por producir 7 tubérculos/planta, 0.93 kg/m² y tener una calidad sanitaria del 85%, comparando con los resultados de Monteros et al. (2010) y Martínez (2009) en Cotopaxi la Chaucha roja llega a tener de 29 a 37 tubérculos/planta y 1.2 kg/m², es decir en Cotacachi la variedad presentó tubérculos grandes, pese a tener un bajo número de tubérculos/plantas se aproxima al kg/m² obtenido en Cotopaxi.

Otra de las variedades que también presentaron resultados viables son: la variedad Papa pan por tener 6 tubérculos/planta, con el rendimiento/m² del 50% menos que la Chaucha roja. Por otro lado, la variedad Chaucha amarilla de flor morada tiene 4 tubérculos/planta y un rendimiento de 0.50 kg/m². Comparando con Martínez (2009) la variedad Chaucha amarilla en Cotacachi produjo el 50% menos.

Tabla 36.

Evaluación de materiales promisorios para el cantón de Cotacachi

Accesión	Número de tubérculos/planta	Rendimiento Kg/m ²	Tasa de extracción (%)	Días a la brotación	Días a la floración
ChAFB	2.00	0.46	62.00	25.00	91.00
ChAFM	4.00	0.50	62.00	25.00	91.00

ChBA	5.00	0.32	67.00	25.00	86.00
ChLA	1.00	0.09	61.00	30.00	88.00
ChR	7.00	0.93	85.00	25.00	85.00
Ntñ	2.00	0.21	77.00	30.00	93.00
Pmam	4.00	0.45	72.00	25.00	97.33
Ppan	6.00	0.45	70.00	45.00	95.00

ChAFB: Chaucha amarilla flor blanca; ChAFM: Chaucha amarilla flor morada; ChBA: Chaucha bolona amarilla; ChLA: Chaucha larga amarilla; ChR: Chaucha roja; Ntñ: Norteña; Pmam: Papa mami; Ppan: Papa pan

4.6 Análisis ecogeográfico

4.6.1 Mapa ELC de papa en Carchi, Imbabura y Pichincha.

➤ Categorías eco-geográficas para papa.

Las categorías ELC son el resultado de la combinación de las variables geofísicas, edáficas y bioclimáticas (Parra-Quijano, 2012). Es así, en la presente investigación se registró ocho categorías ELC, siendo la categoría más común la 5 (38%), por presentar precipitación anual de 2 512mm, temperatura anual de 19.38°C, 1 339.51 msnm, pendiente muy suave, alta materia orgánica, pH ácido y profundidad moderada. Mientras que las categorías menos comunes son las 1.2 y 8 > 1% que presentan precipitaciones anuales de 1447.33 mm, temperatura anual de 18°C, altitud de 1603 msnm, pendiente plana, bajo contenido de materia orgánica y poca profundidad (Figura 75).

Tapia et al (2015) en el estudio ecogeográfico de variedades nativas de maíz, identificaron 56 categorías en la región andina del Ecuador. De la misma forma Naranjo y Tapia (2017) en un estudio realizado en tubérculos andino reportaron 22 categorías de mashua y melloco y 19 categoría en oca.

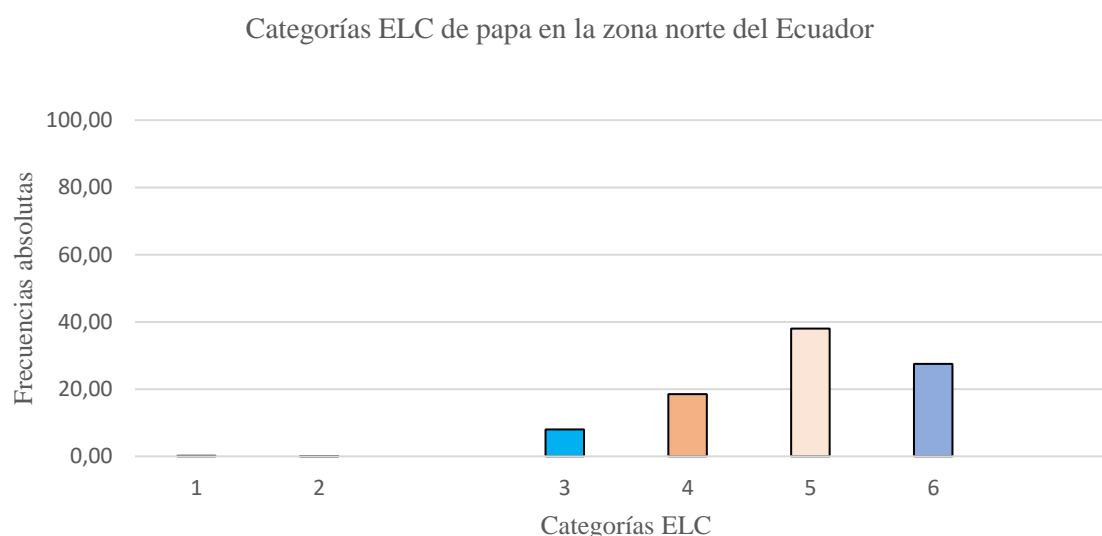


Figura 76. Frecuencias absolutas de las categorías ELC en el cultivo de papa.

La distribución de las categorías ELC en la zona de estudio comprende de la siguiente manera: la categoría 5 en la provincia del Carchi se encuentra los 5 cantones de 6 que lo conforman, mientras que en la provincia de Imbabura se encuentra todos sus cantones, principalmente en el cantón Ibarra y Otavalo y en la provincia de Pichincha se evidencia en los cantones pertenecientes a Pedro Moncayo, Cayambe, Quito, Rumiñahui y Mejía. Mientras que la categoría 1 se encuentra entre Mira, Bolívar e Ibarra únicamente (Figura 76).

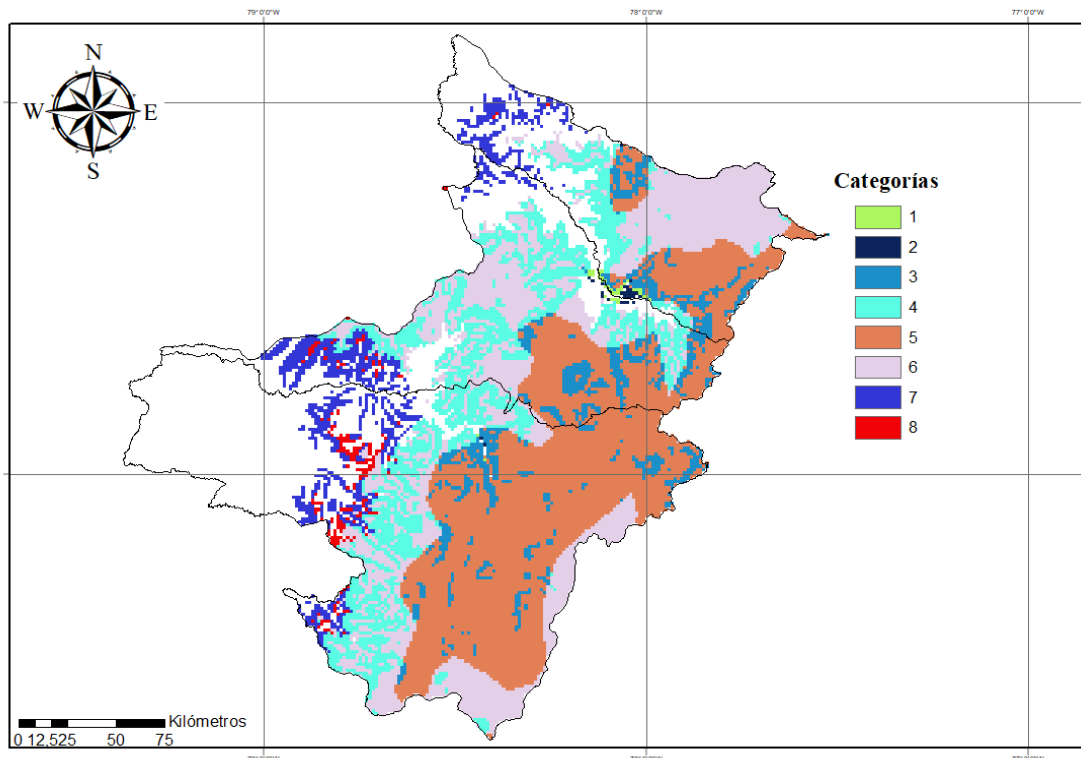


Figura 77. Frecuencias de categorías eco-geográficas del cultivo de papa en la zona norte del Ecuador

4.6.2 Caracterización ecogeográfica

a) Análisis de conglomerados.

El agrupamiento jerárquico de Ward (1963) obtenido a partir de la matriz de distancia generada por el algoritmo de Gower, identificó tres grupos (G1, G2 y G3) de entradas, representadas en el dendrograma que puede observarse en la (Figura 81) mismos que muestran el desarrollo de las accesiones de papa en diferentes sitios de colecta que contienen similares condiciones edafoclimáticas.

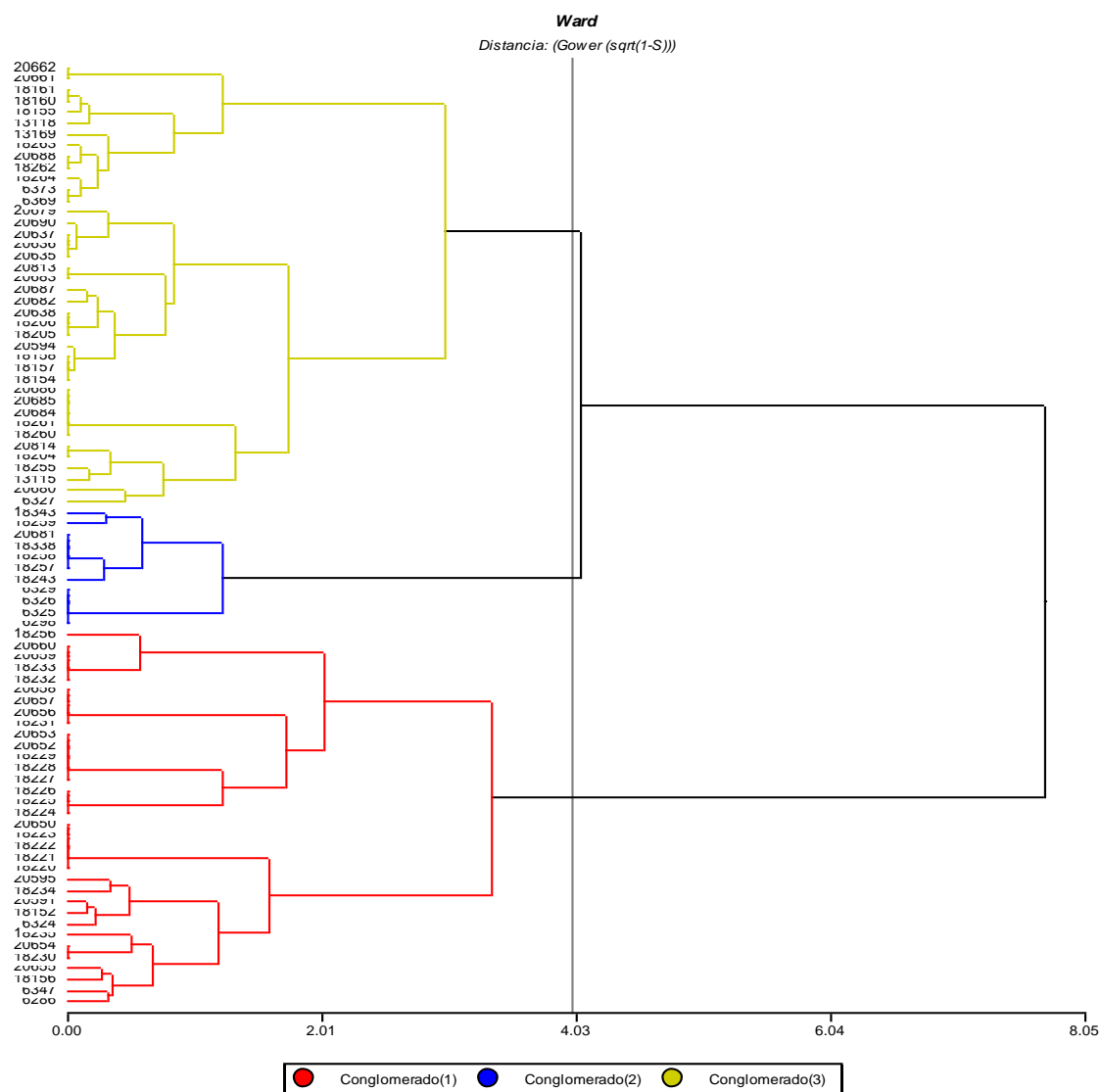


Figura 78. Dendrograma obtenido por el análisis de conglomerados para las variables cualitativas y cuantitativas de 85 materiales de papa (*Solanum tuberosum*.) basada en las distancias genéticas de Gower, según los datos geofísicos, edáficos y bioclimáticos.

En la presente investigación los 85 materiales en estudio se agruparon de la siguiente manera: el Grupo 1 (52%) con mayor porcentaje, a la vez este grupo se caracteriza por tener precipitación anual 1028 mm, temperatura anual 10.74°C, textura franco-limosa, alta materia orgánica, pH ácido, suelo moderadamente profundo y pendiente muy suave.

Seguido del Grupo 3 (37%) por tener precipitación de 942.90 mm, temperatura anual de 11.56°C, textura franca, baja materia orgánica, suelo profundo, pendiente media. Y el Grupo 2 (11%) con el menor porcentaje de accesiones con precipitación anual de 926.55mm, temperatura anual de 11.16°C, materia orgánica alta, pH medianamente ácido, suelos moderadamente profundos y la pendiente muy suave (Figura 58).

Lucero (2017) corrobora que las condiciones edafoclimáticas en donde los cultivares de papa se desarrollan adecuadamente son los que tienen el grupo 1. Mientras que Pumisacho

y Sherwood (2002) mencionan que las características 3 son las ideales para el desarrollo adecuado del cultivo de papa.

b) Variabilidad de datos cuantitativos

Para realizar en análisis ecogeográfico de la distribución de 85 variedades de papa procedentes de las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha, se emplearon las siguientes variables que se detallan a continuación:

Tabla 37.

Variables cuantitativas ecográficas del cultivo de papa en la zona norte del Ecuador.

Variable	n	Media	Error Estándar	Coefficiente de Variación	Valor mínimo	Valor máximo
Altitud (msnm)		3054.04	25.76	7.78	2298.00	3497.00
Precipitación anual	85	985.44	9.41	8.80	681.00	1269.00
Precipitación enero	85	78.81	0.83	9.70	47.00	91.00
Precipitación marzo	85	106.56	1.14	9.87	78.00	130.00
Precipitación abril	85	120.62	0.84	6.44	102.00	139.00
Precipitación mayo	85	83.13	1.42	15.80	60.00	119.00
Precipitación agosto	85	38.24	1.53	36.84	19.00	81.00
Temperatura máxima marzo	85	16.27	0.21	11.72	12.90	21.80
Temperatura máxima abril	85	16.36	0.19	10.91	13.20	21.50
Temperatura máxima mayo	85	16.27	0.22	12.20	12.80	22.00
Temperatura máxima octubre	85	16.30	0.24	13.84	12.50	23.00
Temperatura mínima febrero	85	6.15	0.13	18.83	3.90	9.90
Temperatura mínima marzo	85	6.31	0.12	17.53	4.00	9.80
Temperatura mínima abril	85	6.58	0.13	17.60	4.20	10.20
Temperatura mínima mayo	85	6.58	0.11	15.43	4.40	9.70

Temperatura mínima octubre	85	5.74	0.10	16.30	3.80	8.60
Temperatura mínima diciembre	85	6.45	0.12	17.75	4.00	9.60
Temperatura anual	85	11.10	0.16	13.70	8.30	15.70

En la tabla 37 se observan los valores obtenidos de la variable geofísica correspondiente a la altitud, misma que presentó un CV (7.78%), con alturas que van desde los 2 298 msnm (Ibarra) hasta 3 497 msnm (Mira). Pumisacho y Sherwood (2002) mencionan que los pisos altitudinales adecuados para el desarrollo de la papa en la zona norte del país que corresponden a las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha va desde los 2 800 msnm hasta 3 200 msnm. Resultado que ha cambiado durante 18 años ya que el cultivo de papa se ha adaptado y desarrollado 502 m hacia abajo y 297 m hacia arriba de lo mencionado.

De igual manera, se observan valores estadísticos descriptivos para seis variables de precipitación en donde el mes de agosto presenta mayor CV (36.84%). Dentro de los meses que tienen mayor influencia para la distribución de las papas a nivel de la zona norte del país, son los meses de enero (78.81mm), marzo (106.56mm), abril (120.62mm) y mayo (83.13mm). Velásquez et al. (2017) menciona que el cultivo de papa necesita 650 mm de agua promedio, es decir que para la conservación se establece el cultivo de papa en los meses de enero para garantizar la cantidad de agua requerida. Mientras que en el mes de agosto presenta bajas precipitaciones en donde generalmente se encuentra en cosecha y descanso del suelo para el nuevo ciclo.

En cuanto a la variable de temperatura se registró una mínima en febrero y presentó el mayor CV (18.83%). Así mismo, la temperatura media máxima en los meses de marzo, abril, mayo y octubre mantienen una tendencia de 16 °C, mientras que la temperatura media mínima se registra en el mes de octubre (5.74°C). Pumisacho y Sherwood (2002) mencionan que por cada 100 m de altura, la temperatura varía en promedio de 0.6°C; es así que Fripapa puede ser cosechada a los 120 días a 2 800 msnm, mientras que en la península de Santa Elena la mayor parte de las variedades puede ser cosechada a los 90 días después de la siembra.

c) Variabilidad de datos cualitativos

En la Tabla 38, se observa que la mayoría de las accesiones se encuentran desarrollándose en textura franca limosa (46%). Los resultados obtenidos no concuerdan con INIAP (2019) y Pumisacho y Sherwood (2002), ya que indican que la textura requerida por la papa es franca. Este cambio de textura se atribuye a la degradación del suelo por diferentes factores como: tala de árboles, sobrepastoreo, monocultivo (FAO, 2020).

Tabla 38.

Variables cualitativas del cultivo de papa en la zona norte del Ecuador.

Variable	Clase	Carácter	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa
Textura del suelo	1	Franca arenosa	12	14
	2	Franca	34	40
	3	Franca limosa	39	46
Materia orgánica	1	Bajo (Sierra)	34	40
	2	Alto (Sierra)	51	60
pH	1	Ácido	44	52
	2	Medianamente ácido	12	14
	3	Ligeramente ácido	29	34
Profundidad del suelo	1	Poco profundo	5	6
	2	Moderadamente profundo	80	94
Pendiente	1	Plana	20	24
	2	Muy suave	31	36
	3	Suave	25	29
	4	Media	9	11

De igual manera en la tabla 45, se evidencia dos caracteres de materia orgánica, en donde los materiales de papa se encuentran mayoritariamente en alto sierra (60%) y bajo sierra (40%). Pumisacho y Sherwood (2000) mencionan que la materia orgánica para la producción de papa es alta corroborando con el resultado obtenido, sin embargo, existen ciertos materiales que se encuentran desarrollando con baja materia orgánica que pueden ser de interés para el fitomejoramiento ya que en la sierra ecuatoriana se cuenta con el 4.61% del territorio con baja cantidad de materia orgánica y suelos con alto contenido de materia orgánica se cuenta con el 0.93% (MAG, 2014).

La variabilidad del pH del suelo manifiesta tres categorías: ácido (52%) seguido de ligeramente ácido (34%) y en menor porcentaje medianamente ácido (14%) (Tabla 46). Los resultados obtenidos son opuestos a los mencionados por Egúsqiza (2000) e INIAP (2019) en donde mencionan que la papa requiere de un pH ligeramente ácido.

Con respecto a la profundidad del suelo en la zona norte del país prevalecen los suelos profundos (94%) (Tabla 38). INIAP (2019) presenta datos opuestos ya que el cultivo de papa requiere de suelos poco profundos, sin embargo es un resultado positivo ya que no se encuentran compactados los suelos de la sierra ecuatoriana.

La Sierra ecuatoriana se caracteriza por presentar pendientes muy accidentadas, el cultivo de la papa en la zona 1 del Ecuador se desarrolla en cuatro clases de pendientes, el mayor

porcentaje se encuentra en pendiente muy suave (36%) y en menor porcentaje en pendientes media (11%) (Tabla 48). Pumisacho y Sherwood (2002) indican que se pueden desarrollar en pendientes muy pronunciadas. Efecto principal de sembrar en pendientes pronunciadas y la extensión del límite agrícola genera erosión hídrica por movimiento de masa en tiempos con alta precipitación, mientras que la erosión eólica afecta en tiempos con poca precipitación con el desplazamiento de partículas de suelo (De Noni y Trujillo, 1985)

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- De diez descriptores cuantitativos nuevo resultaron ser caracteres discriminantes. El grupo uno está representado por tres entradas pertenecientes a las variedades: Chaucha Bolona Amarilla, Chaucha Amarilla de flor blanca y morada. El grupo dos están conformados por dos variedades pertenecientes a Chaucha Roja y Chaucha Larga Amarilla. El grupo tres están formados por entradas pertenecientes a Norteña, Papa mami y Papa pan.
- De 25 descriptores cualitativos todos resultaron ser caracteres discriminantes, es así como las variables más importantes para la diferenciación de los grupos conformados en la caracterización de cultivo de papa nativas provenientes de la provincia de Chimborazo fueron: color del pedicelo que presentó cinco tonalidades y el tubérculo que obtuvo cinco formas generales.
- La Chaucha Roja fue la variedad nativa del Chimborazo que tuvo un rendimiento de 0.93 kg/m², el cual fue similar a la producción que presenta el Cantón Cotacachi, es por lo que se consideró a esta variedad como mejor adaptabilidad a las condiciones de la zona de estudio.
- La adaptabilidad de papa nativa en Cotacachi fue poco viable debido a las condiciones edafoclimáticas del sector, añadido el ataque de Punta Morada de la Papa (PMP) lo que no permitió identificar la causa real de la baja adaptabilidad y rendimiento. Razón por la que no se repartió la semilla-tubérculo obtenida con el objetivo de no propagar el fitoplasma.
- El mapa ELC permitió identificar ocho categorías y la distribución de estas, para el cultivo de papa en la zona norte del Ecuador, en donde se refleja que la categoría 1 es propia de la zona fronteriza entre Carchi e Imbabura, mientras que las demás categorías se distribuyen en toda la zona de estudio.
- La caracterización ecogeográfica permitió visualizar las condiciones actuales en donde las variedades nativas se encuentran desarrollándose, indicando los nuevos cambios como el desarrollo del cultivo en suelos franco-limosos, pH ácido; resultados opuestos a los mencionados por la literatura.

5.2 Recomendaciones

- Realizar ensayos futuros con la variedad Chaucha Roja para poder potencializar sus genes de adaptabilidad y resistencia a los nuevos cambios de ecosistemas y a los ataques de plagas y enfermedades, permitiendo mantener la seguridad y soberanía alimentaria.
- En estudios posteriores de caracterización de papa nativa, tomar en cuenta la calidad sanitaria del tubérculo, manejo integrado de nuevos ataques de plagas como: PMP, chip cebrá, que son transmitidas por un vector y afectan directamente en la producción dificultando la obtención de datos deseados.

- Utilizar las categorías 4, 5 y 6 que resultaron ser las más frecuentes según herramienta ELC para realizar estrategias de conservación *ex situ* con especies que estén con mayor riesgo de extinción y baja adaptabilidad como las variedades Chiwila, Semiuvilla, Papa pan. Por otro lado, utilizar las categorías menos frecuentes como 1, 2 y 8 con las variedades Chaucha roja, Papa mami, para potencializar los genes en ambientes adversos.

BIBLIOGRAFÍA

- Andino, J., e Imbacuán, L. (2017). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta procesadora de almidón de papa en la ciudad de Huaca Cantón San Pedro de Huaca provincia del Carchi*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
- Andrade, H. (1980). Variedades de papas cultivadas en el Ecuador. B. Hardy, y H. Andrade (Eds). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos-Papa.
- Barrera, V., Tapia, C., y Monteros, Á. (2003). *Raíces y tubérculos andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. Quito: INIAP - CIP.
- Centro Internacional de la Papa. (2000). *Descriptorios morfológicos de la papa (Solanum tuberosum L.)*. Lima: INT. Recuperado de <http://www.ccbat.es>.
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. (2008). *La papa*. La Libertad, El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.
- Chávez, P. (2008). *La Papa, Tesoro de los Andes* (Tesis doctoral). Universidad de las Islas Baleares, Islas Baleares, España.
- Chávez, D., Cuesta, X., Rivadeneira, J., Andrade, H y Montesdeoca, F. (2013). Evaluación agronómica y nutricional de ocho cultivares nativos y tres variedades mejoradas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en tres localidades de la sierra ecuatoriana. *Congreso de la papa*, (41-42).
- De Noni, G., y Trujillo, G. (1985). *Degradación del suelo en el Ecuador*. Principales causas y algunas reflexiones sobre la conservación de este recurso. Recuperado de https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/26531.pdf
- Diogardo, H. (2014). *Producción de papa (Solanum tuberosum L.) de 6 familias procedentes de semilla asexual de polinización controlada* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro de Perú, El Mantaro, Perú.
- Egúsqiza, R., y Catalán, P. (2011). *Manejo integrado de la papa*. Cuzco, Perú: Universidad Agraria la Molina.
- Egúsqiza, R. (2000). *La papa producción, transformación y comercialización*. Lima, Perú: CIMAGRAF.

- Food Agriculture Organization. (2014). *CAPFITOGEN-Programme to strengthen national Plant Genetic Resource Capacities in Latin America, Version 1.2*. Recuperado de <http://www.fao.org/publications/card/en/c/cc32dab2-ae8b-4738-86b5-54c781203059/>
- Food Agriculture Organization. (2015). *Bases de la aplicación de la ecogeografía*. Recuperado de <http://www.capfitogen.net/es/herramientas/>
- Food Agriculture Organization. (2020). *Condiciones climáticas y la actividad humana impactan en la degradación de la tierra, comprometiendo la seguridad alimentaria*. Recuperado de <http://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/es/c/1141396/#:~:text=Entre%20las%20principales%20causas%20de,a%20a%20productividad%20del%20suelo.>
- Franco, T., e Hidalgo, R. (2003). Análisis estadísticos de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Cali, Colombia.
- González, L., y Osorio, M. S. (2014). Caracterización morfoagronómica de variedades de papas nativas y uso local colectadas en el estado de Mérida, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 64(3-4), 237-252.
- Gordón-Mendoza, R., y Camargo-Buitrago, I. (2015). Selección de Estadísticos para la Estimación de la Precisión Experimental en Ensayos de Maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 55-63.
- Guerrero, F. (2007). *Efecto del Encalado sobre el rendimiento de Papa Solanum tuberosum L. en la parroquia de Julio Andrade provincia del Carchi* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
- Huaraca, H., Montesdeoca, F., y Pumisacho, M. (2009). *Guía para facilitar el aprendizaje sobre el manejo del tubérculo-semilla de papa*. INIAP-SENACYT. Quito-Ecuador: INIAP.
- Huarancana, R. (2010). *La flor, inflorescencia y fruto*. Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Huarte, M., y Capezio, S. (2013). *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Recuperado de www.inta.com:https://www.researchgate.net/publication/256195293_Cultivo_de_papa
- Instituto Geográfico Militar, (2017). Base de Datos del cantón Cotacachi. *Base escala 1:50 000*.

- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2015). Caracterización Morfoagronómica de 200 Accesiones de Papa Nativa (*Solanum tuberosum* L.) Conservada en el Banco Nacional de Germoplasma del INIAP-ECUADOR. VI Congreso Ecuatoriano de la Papa . Universidad Técnica del Norte-Ibarra.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2004). *Manejo integrado de plagas cultivo de la papa*. Nicaragua: La Prensa.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2019). *Cultivo de papa*. Tubérculo semilla. Recuperado de https://eva.iniap.gob.ec/web/wp-content/cache/page_enhanced/eva.iniap.gob.ec/web/papa/_index.html}
- Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de Agricultura (2017). *Asamblea Nacional*. Artículo 34. Recuperado de http://www.gptsachila.gob.ec/dtransparencia/21%20LEY_ORGANICA_AGROBIOODIVERSIDAD_SEMILLAS_Y_F_A.pdf
- Lucero, H. (2017). VII Congreso ecuatoriano de la papa adaptación al cambio climático. *Evaluación agronómica de colectas de papas nativas de Cañar y Azuay*. Carchi-Ecuador. (45-46).
- Martínez, F. (2009). *Caracterización morfológica e inventario de conocimientos colectivos de variedades de papas nativas (Solanum tuberosum. L) en la provincia de Chimborazo* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca. (2014). *Zonificación agroecológica económica de papa (Solanum tuberosum L.) en el Ecuador continental a escala 1:250 000*. Quito: MAGAP.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2016). *Infraestructura Ecuatoriana de Geoespaciales*. Recuperado de <https://iedg.sni.gob.ec/geoportal-uedg/servicios.html>
- Montaldo, A. (1984). *Cultivo y mejoramiento de la papa*. San José, Costa Rica: IICA.
- Monteros, C., Reinoso, I., y Villacrés, E. (2010). *Papas nativas rescatando la biodiversidad*. Quito: INIAP.
- Monteros-Altamirano, Á. (2018). On-farm conservation of potato landraces in Ecuador. *Agronomía Colombiana*, 36(3), 189-200.
- Montesdeoca, F., Narváez, G., Mora, E., y Benítez, J. (2006). *Manual de control interno de calidad (CIC) en tubérculo - semilla de papa*. Quito: IDEAZ.

- Montesteoca, F., Navarrete, I., Panchi, N., Yumisaca, F., Taipe, A., Pallo, E., y Andrade-Piedra, J. (2013). *Guía fotográfica de las principales plagas del cultivo de papa en Ecuador*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro Internacional de la Papa (CIP), Consorcio de Productores de papa (CONPAPA). Quito, Ecuador. p 68: McKnight Foundation. Recuperado de www.cipotato.com: <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2013/04/0060841-1.pdf>
- Morales, S. (2011). *Crecimiento, contenido de azúcares y capacidad de brotación en semilla tubérculo de papa (Solanum tuberosum L.)* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Moreira, A. (1996). Los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. *Ciencia y Ambiente*, 80.
- Naranjo y Tapia. (2017). Caracterización eco-geográfica en tres tubérculos Alto Andinos del Ecuador: Melloco (*Ullucus tuberosus* C.), oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) y mashua (*Tropaeolum tuberosum* R. y P.). *VII Congreso Ecuatoriano de la Papa* (págs. p. 49-50). Tulcán: Tulcán, EC: CIP/INIAP, 2017.
- Navarro, C., Bolaños, L., y Lagos, T. (2010). Caracterización morfoagronómica y molecular de 19 genotipos de papa guata y chaucha (*Solanum tuberosum* L. y *Solanum phureja* Juz et Buk) cultivados en el departapemto de Nariño. *Revistia de agronomía*, 27-39.
- Naranjo, E., Tapia , C., Velásquez, R., Cruz, Y., Delgado, A., Borja , E., y Paredes , N. (2018). Caracterización eco-geográfica de Melloco (*Ullucus tuberosus* C.) en la región alto Andina del Ecuador. *Revista de las Agrociencias*. (19), 31-46.
- Parra-Quijano, Iriondo, J., de la Cruz, M., y Torres, E. (2011). Strategies for develoment of core collections based on ecogeographical data. *Crop science*, 51.
- Parra-Quijano, M., Iriondo, J., Frese, L., y Torres, E. (2012). Spacial and ecogeographic approaches for selecting genetic reserves in Europe. *CAB International*, 12.
- Parra-Quijano. (2013). Aplicaciones de al ecogeografía en la conservación y uso de los recursos fitogenéticos facilitadas por sistemas de información geográfica. *FAO*, 10.
- Parra-Quijano, M., y Torres, E. (2016). *Herramientas Capfitogen para la conservación y utilización de los Recursos Fitogenéticos para la alimentación y agricultura*. Roma: TIRFAA/FAO.
- Paxi, M., Lucero, R., y Vicente, J. (2015). Caracterización morfológica de 151 accesiones de papa (*Solanum tuberosum* subespecie stenotomun Juz. y Bukasov) de la

- Colección Nacional de Tubérculos Andinos del INIAF (Toralapa-Cochabamba). *Info INIAF*, 1(5) 10-20.
- Peña, A. (2009). *Fisiología y manejo de tubérculos semilla de papa*. Recuperado de <https://medium.com/@redepapa/fisiologia-y-manejo-de-tuberculos-semilla-de-papa-b84693603380>
- Peña, C., y Restrepo, L. (2014). Compuestos fenólicos y carotenoides en la papa: revisión. *Programa de Ciencia y Tecnología de alimentos*, 14(22).
- Pumisacho y Sherwood. (2002). *El Cultivo de la Papa en Ecuador*. Quito: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- Pumisacho, M., y Velásquez, J. (Eds). (2009). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Rubro papa: (Manual no. 78).
- Punina, E. (2013). *Evaluación agronómica del cultivo de papa (Solanum tuberosum) C.V "FRipapa" a la aplicación de tres abonos completos*". Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Reategui, K., Aguirre, N., Oliva, R., y Aguirre. (2019). Phenology and yield of four potato varieties in the Peruvian Altiplano. *Scientia Agropecuaria*, 10(2), 265-274.
- Rodríguez, D., Rico, M., Rodríguez-Molano, L., y Núñez, E. (2010). Effect of different levels and times of defoliation on the potato yield (*Solanum tuberosum* cv. Parda pastusa). *Agronomía Medellín*, 63(2): 5521-5531.
- Rodríguez, L. (2010). Origins and evolution of cultivates potato. A review. *Agronomía Colombia*, 28(1).
- Rodríguez, L., Corchuelo, G., y Núñez, C. (2003). Influencia del espaciamiento entre plantas sobre la morfología y el crecimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L. cv. Parda pastusa) bajo dos ambientes contrastantes. *Agronomía Colombiana*, 21(210-219).
- Salomón, J., Castillo, J., Estévez, A. O., Arzuaga, J., Torres de la Noval, W., Caballero, A., y Vásquez, E. (2012). Study of flowering and botanical seed production in open pollinated genotypes of potato (*Solanum tuberosum*, L.) in Cuba. *INCA*, 33(2) 61-67.
- Sánchez, E., y Ortega, M. (2011). *emergencia de brotes de tuberculos de papa en condiciones salinas*. Recuperado de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000200153

- Seminario, J., Tapia, H., y Seminario, A. (2019). *Los Solanum del grupo phureja de Cajamarca: Avances*. Lima - Perú: Residencial Santa Cruz.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria. (2018). Boletín situacional de la papa. Recuperado de <http://sipa.agricultura.gob.ec>.
- Tapia, C., Torres, E., y Parra-Quijano, M. (2015). *Searching for adaptation to abiotic stress: Ecogeographical analysis of highland Ecuadorian maize*. Mejía - Quito: Cropsience.
- Tirado, R. M., Tirado L, R., y Mendoza, J. (2018). Interacción genotipo x ambiente en rendimiento de papa (*Solanum tuberosum* L.) con la pulma pigmentada en Cutervo, Perú. *BioScience*, 3 (34) .
- Velasco, H. (2014). *Producción de papa (Solanum tuberosum L.) de 6 familias procedentes de semilla asexual de polinización controlada* (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, El Mantaro, Perú.
- Velásquez, J., Paula , N., Racines , M., Cruz, E., y Araujo , A. (2017). El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Ecuador: Tecnología de producción y manejo de semillas. *VII Congreso Ecuatoriano de la Papa*, 23-26.
- Vejarano, A., y Morales, C. (2014). Storage of potato seed under conditions of diffuse light. *Pueblo cont*, 25(4), 93-101.
- Yumisaca, F. (2016). Erosión de conocimientos ancestrales en el cultivo de papa en cinco comunidades de la UCASAJ, parroquia de San Juan, provincia de Chimborazo, Ecuador. *VI congreso de la papa*, 60(20).
- Zimmerer, K. (1998). The ecogeography of andean potatoes. *BioScience*, 48 (6), 445-454.

ANEXOS

Anexo 1. Frecuencias relativas obtenidas de las 10 variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum* L.) provenientes de la Provincia de Chimborazo.

CARÁCTER	G1(%)	G2(%)	G3(%)
Hábito de crecimiento			
2. Semi-erecto	45(100)	0	0
3. Decumbente	0	30(100)	30 (66.33)
4. Postrado	0	0	15(33.33)
Color del tallo			
1. Verde	45(100)	(15)50	0
2. Verde con pocas manchas	0	15(50)	15(33.33)
5. Pigmentada con poco verde	0	0	15(33.33)
7. Morado	0	0	15(33.33)
Forma de las alas del tallo			
1. Recto	15(33.33)	30(100)	45(100)
2. Ondulado	30(66.66)	0	0
Grado de floración			
5. Floración moderada	30(66.66)	0	30(66.66)
7. Floración profusa	15(33.33)	30(100)	15(33.33)
Forma de la corola			
5. Pentagonal	0	0	15(33.33)
7. Rotada	30(66.66)	30(100)	15(33.33)
9. Muy rotada	15(33.33)	0	15(33.33)
Flor, color predominante			
1. Blanco	15(33.33)	0	0
3. Púrpura	0	0	15(33.33)
4. Violeta azulado claro	30(66.66)	15(50)	0
5. Violeta oscuro	0	0	15(33.33)
6. Violeta azulado oscuro	0	15(50)	15(33.33)
Flor, intensidad del color predominante			
1. Pálido	15(33.33)	15(50)	30(66.66)
2. Intermedio	15(33.33)	15(50)	0
3. Intenso	15(33.33)	0	15(33.33)
Flor, color secundario			
0. Ausente	0	30(100)	15(33.33)
1. Blanco	45(100)	0	30(66.66)
Flor, distribución del color secundario			
0. Ausente	17(38)	30(100)	15(33.33)
2. Acumen (blanco) - envez	28(62)	0	30(66.66)
Color del cáliz			
2. Verde con pocas manchas	30(66.66)	0	15(33.33)
3. Verde con abundantes manchas	15(33.33)	15(50)	30(66.66)

5. Pigmentado con poco verde	0	15(50)	0
Color del pedicelo			
1. Verde	15(33.33)	0	0
2. Sólo articulación pigmentada	15(33.33)	0	2
3. Ligeramente pigmentado y articulación verde	15(33.33)	0	0
7. Mayormente pigmentado y articulación verde	0	0	98
8. Completamente pigmentado	0	30(100)	0
Color de la baya			
1. Verde	33	0	33
2. Verde con pocos puntos blancos	67	100	34
5. Verde con áreas pigmentadas	0	0	33
Forma de la baya			
3 Ovoide	0	0	33
5. Cónica	0	50	0
7. Periforme	100	50	67
Tubérculo, color predominante			
1. Crema	2	50	0
2. Amarillo	98	0	33
6. Rojo	0	50	34
9. Negruzco	0	0	33
Tubérculo, intensidad del color predominante			
1. Pálido	33	50	0
2. Intermedio	67	50	0
3. Intenso	0	0	100
Tubérculo, color secundario			
0. Ausente	100	100	33
1. Crema	0	0	33
7. Morado	0	0	34
Tubérculo, distribución del color secundario			
0. Ausente	33	100	33
1. En los ojos	67	0	0
5. Como anteojos	0	0	33
6. Manchas salpicadas	0	0	34
Tubérculo, forma general			
1. Comprimido	33	0	67
2. Redondo	33	0	0
3. Ovalado	34	0	0
4. Obovado	0	0	33
7. Alargado	0	100	0
Tubérculo, profundidad de los ojos			
1. Sobresaliente	33	97	0
3. Superficial	67	0	33
5. Medio	0	3	34
7. Profundo	0	0	33

Pulpa, color principal			
1. Blanco	100	0	2
3. Amarilla	0	100	98
Pulpa, color secundario			
0. Ausente	100	100	67
7. Morado	0	0	33
Pulpa, distribución del color secundario			
0. Ausente	100	100	67
1. Pocas manchas	0	0	33
Brote, color principal			
1. Blanco	100	50	0
3. Rojo	0	0	33
4. Morado	0	50	34
5. Violeta	0	0	33
Brote, color secundario			
0. Ausente	100	50	100
2. Rosado	0	50	0
Brote, distribución del color secundario			
0. Ausente	100	50	100
2. En el ápice	0	50	0

Anexo 2. Materiales nativos de papa variedad Mami



Anexo 3. Materiales nativos de papa variedad Norteña



Anexo 4. Materiales nativos de papa variedad Chaucha roja



Anexo 5. Materiales nativos de papa variedad Chaucha Amarilla



Anexo 6. Materiales nativos de papa variedad Pan



Anexo 7. Materiales nativos de papa variedad Chaucha Larga Amarilla



Anexo 8. Materailes nativos de papa variedad Bolona Amarilla

