

Diversidad genética de papas de comunidades Andinas Venezolanas, mediante caracterización morfológica, molecular y polínica.**G. Gordones- Rojas¹; L. González^{2/*}; M. Osorio³; L. Meneses¹***Recibido: 18/12/2018**Aceptado: 19/06/2019**Accesible en línea: Junio 2019***Resumen**

En las comunidades del estado Mérida-Venezuela, la producción de papas (*Solanum tuberosum* L.) constituyen uno de los principales rubros agrícolas, donde conviven, las especies silvestres, las denominadas nativas y sin nombre, las variedades comerciales y los clones promisorios, que son cultivadas en muchos de los casos de manera indistinta. La introducción de variedades foráneas tanto nativas, comerciales y mejoradas, han llevado al remplazo paulatino de las variedades locales, acentuando la desaparición de nuestro acervo genético. Por lo que, se hace necesario la caracterización de las variedades locales, con la finalidad de determinar su identificación y su diversidad, como principio fundamental para su preservación como patrimonio intangible de nuestras comunidades y su contribución a la seguridad alimentaria del país. Con este objetivo se llevó a cabo la concertación de las características morfológicas, molecular y polínica de muestras de Germoplasma ubicadas en el Campo Experimental Mucuchies "Dr. Eduardo Ortega Cartaya", de diferentes localidades del estado Mérida, así como muestras localizadas directamente en zonas de la región merideña. Se obtuvo una primera caracterización de 29 muestras que comparten rasgos moleculares, morfológicos y polínicos que permiten su identificación y registro a través del tiempo. A partir de los análisis estadísticos se logró discriminar y agrupar a nivel morfológico, polínico y molecular, lo cual permitió identificar variedades con alto potencial

* Autor para correspondencia. E mail: gordonegladys@ula.ve.

¹ Museo Antropológico. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. .

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Mérida (CIAE-Mérida). Avenida Urdaneta Oficinas INIA Mérida. Estado Mérida, Venezuela. CP 4525.

³ Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. INIA-[CENIAP. Maracay](#), Venezuela. [CP 2103](#)

para asegurar la preservación de variedades locales tanto silvestre, nativas y comerciales.

Palabras claves adicionales: *Solanum*, variedades locales, Clones promisorios, marcadores SSR, microsatélites.

Genetic diversity of potatoes for local use in Venezuelan Andean communities, through morphological, molecular and pollen characterization

Summary

In the communities of the state of Merida-Venezuela, the production of potatoes (*Solanum tuberosum* L.), one of the main agricultural products, where the wild species coexist, the so-called native and unnamed, the commercial varieties and the promising clones, which they are cultivated in many cases in an indistinct manner. The introduction of foreign varieties, both native, commercial and improved, have led to the gradual replacement of local varieties, accentuating the disappearance of our gene pool. Therefore, the characterization of local varieties is required, in order to determine their identification and diversity, as a fundamental principle for their preservation as an intangible heritage of our communities and their contribution to the country's food security. With this objective we have a concert in which we present the morphological, molecular and political characteristics of the Germoplasm samples located in the Experimental Field "Dr. Eduardo Ortega Cartaya", from different locations in the state of Mérida, as well as the samples located directly in the areas of the Merida region. A first characterization was obtained of 29 samples that correspond to molecular, morphological and political expressions that allow their identification and registration over time. From the statistical analyzes, it was possible to discriminate and group at a morphological, pollen and molecular level, which allowed to identify varieties with high potential to ensure the preservation of both wild, native and commercial local varieties.

Additional keywords: *Solanum*, local varieties, promising clones, sss markers, microsatellites.

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) fue domesticada hace aproximadamente unos 8000 años antes de nuestra era en los Andes Suramericanos, encontrándose la mayor variabilidad al suroeste del Perú y noroeste de Bolivia (Gabriel, 2010).

Actualmente existen nueve especies cultivadas de papas, y casi 200 especies silvestres distribuidas a lo largo del continente Americano desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Chile (Ochoa, 2001). Cultivándose en más de 148 países en todo el mundo, la papa se ha convertido, en uno de los alimentos más versátiles tanto para los pequeños productores que ven en ella su sustento y el de su familia, como para la gran industria que ha hecho de ella un componente fundamental de la comida rápida. Siendo sin lugar a duda uno de los más preciados tesoros que América ha dado a la humanidad, especialmente a los pueblos pobres de Europa, Asia y África para hacerle frente a la hambruna, por lo que es pilar fundamental de los proyectos de sostenibilidad alimentaria (Ortega *et al.*, 2005; Graves, 2000).

En Venezuela constituye un rubro de gran importancia por la superficie cultivada y el volumen de producción, es sembrada principalmente en fincas de pequeños productores en los estados Andinos (Táchira, Mérida y Trujillo). Donde se produce aproximadamente el 83 % de la producción de papa del país. La superficie cosechada para 2014 fue de 25757 ha (Mérida: 11494.05 ha, Táchira: 8131.46 ha y Trujillo: 6131.47 ha); una producción de 490196 t, y rendimiento promedio 19.032 t. ha⁻¹ (FEDEAGRO, 2014).

En la región andina venezolana, la producción local de papas se encuentra conformada por: especies silvestres, especies comerciales, las denominadas papas nativas por los campesinos y campesinas de la región, identificadas por estos como cultivares antiguos, asignándoles nombres relacionados: con su forma, color, periodo de crecimiento o referencias a añoranzas que permiten su reconocimiento; aunque pueden tener no más de 50 años en la localidad; las papas denominadas "Sin Nombre", esto por no conocer su denominación, ya que en la mayoría de los casos forman parte de intercambio entre ellos y no conservan los nombres, solo su valor como papa rendidora y aguantadora (tolerante a condiciones adversas y altos rendimientos) como suelen señalar, junto a las variedades de papas comerciales y los denominados clones mejorados, cuya producción en las últimas décadas ha ido ganando terreno de cultivo por su preferencia por el productor y el consumidor (Monasterio, 2002; Romero y Monasterio, 2005; González, 2013).

El desconocimiento de cómo se reflejan en las variedades locales la existencia de las especies silvestres, las especies, las variedades nativas y los clones mejorados constituye una amenaza latente de pérdida de diversidad y variabilidad, que se acentúa con la "erosión genética", caracterizada por: la reducción del áreas de cultivo, la reducción de las actividades agrícolas y la falta de oportunidades de mercado (Ortega *et al.*, 2005).

Hasta ahora los estudios de diversidad genética y los inventarios de las papas de producción local mantenidas por los agricultores andinos venezolanos se ha

restringido, en la mayoría de los casos, al uso de marcadores morfológicos. Éstos se limitan al fenotipo y aunque han determinado gran diversidad genética (Osorio *et al.*, 2011), son afectados por el ambiente, lo cual constituye una limitante en la formulación de estrategia de conservación tendiente a salvaguardar el potencial genético y con ello el potencial adaptativo de una determinada especie (Soto, 2006). Por ello, se hizo necesario corroborar los resultados de los estudios fenotípicos, con otras técnicas independientes del efecto ambiental, respaldando la caracterización morfológica, con la caracterización molecular y polínica, con el fin de determinar de manera más precisa el grado de diversidad existente.

Los marcadores moleculares han contribuido a un mayor conocimiento genético en muchas especies vegetales entre las que se incluye la papa, éstos permiten seleccionar de manera eficiente individuos con características específicas, incluso en fases juveniles. Son secuencias de ADN que pueden ser usadas para analizar mínimas variaciones genotípicas (polimorfismos) sin la intervención de factores ambientales y han demostrado ser una potente herramienta, confiable y reproducible para la identificación inequívoca de cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.). Su amplia utilización está soportada en su base genética dominante, sencillez, alto grado de polimorfismo y alta reproducibilidad entre laboratorios (Norero *et al.*, 2002; Izpizúa *et al.*, 2003; Mathias *et al.*, 2004).

La caracterización polínica puede realizarse por comparación de la morfología del polen (forma y tamaño) y

la caracterización de la estructura de la exina. La estructura de la exina del polen permiten la formación de subgrupos de acuerdo con la ornamentación de la misma, es decir, la ornamentación de la exina y la forma del polen es una característica notoria entre las diferentes especies lo cual permite su identificación, siendo de gran ayuda a la hora de establecer una taxonomía, ya que esta puede variar de una especie a otra, pero permanecen constantes dentro de la misma especie, por lo que es una buena característica para separar los diferentes tipos de polen (Saez, 1978; Barrios *et al.*, 2005; Mondragón, 2006; Pirpeno, 2006).

Materiales y Métodos

La concertación de la caracterización morfológica, molecular y polínica se llevo a cabo en 29 muestras obtenidas (ver material suplementario Tabla1) de la colección del Banco de Germoplasma ubicado en el Campo Experimental Mucuchies "Dr. Eduardo Ortega Cartaya", del INIA Mérida, a 3100 msnm. (08°45'86" N y 070°53'09" W), sector La Toma, Mucuchies, municipio Rangel, estado Mérida. Dichas muestras provenientes de las comunidades campesinas de los Municipios Rangel, Pueblo Llano, Cardenal Quintero, Miranda, Libertador, Campo Elías y Arzobispo Chacón del estado Mérida y del municipio Jáuregui del estado Táchira. La variedad Granola se incluyó por ser la mas sembrada en el paramo andino merideño y como material de referencia.

Caracterización morfológica

Se llevó a cabo en una muestra vegetal que se sembró en el Campo Experimental

Mucuchies “Dr. Eduardo Ortega Cartaya”. Se sembraron 15 plantas/variedad en un área de dos parcelas con 17 surcos de 6 metros de largo, a una distancia de 0,90m entre surcos y 0,40m entre plantas. En la siembra se aplicó fertilizante granulado 12-12-17/2 en dosis de 1000 kg/ha y antes del aporque se realizó la aplicación de sulfato de potasio y nitrato de calcio, en dosis de 250 kg/ha. Se tomaron cinco plantas por hilo para la evaluación de los siguientes caracteres cualitativos: color primario de la flor, forma del tubérculo, color primario del tubérculo, color secundario del tubérculo, distribución del color secundario del tubérculo, color primario de la carne del tubérculo, profundidad de ojos. Se utilizaron los descriptores del Centro Internacional de la Papa (CIP) para la caracterización de la morfología de la planta, la flor y el tubérculo (Huamán y Gómez, 1994).

Caracterización Polínica

La caracterización polínica estuvo basada en la comparación de la morfología del polen, tomando para esto los descriptores de valor taxonómico como: número y características de los colpos y poros (número, ausencia o combinación), forma y contorno en vista polar y ecuatorial del grano de polen, así como las características que presenta la estructura, la ornamentación de la exina y la forma del polen son características notorias. El procesamiento de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Arqueobotánica del Museo Arqueológico Gonzalo Rincón Gutiérrez de la Universidad de Los Andes, a las cuales no se les aplicó tratamiento químico, siendo transportadas para su

observación directa en el microscopio de barrido del Laboratorio de Análisis Químico Estructural de Materiales (LAQUEM) de la Facultad de Ciencia de la Universidad de Los Andes. Siendo fotografiadas para su caracterización cada una de las muestras, según la terminología de Sáenz (1978).

Caracterización Molecular

Se utilizaron tubérculos y tejido foliar de muestras colectadas en las parcelas de los municipios precitados y sus réplicas conservadas *in vitro*. Para la extracción del ADN, se empleó la metodología propuesta por Zambrano *et al.* (2002), la cual permitió la obtención de altas concentraciones de ADN que además fueron de alta calidad y pureza, óptimo para ser utilizados en los procesos de amplificación. En la amplificación por microsatelites se empleó la metodología de Osorio *et al.* (2011), utilizando nueve iniciadores específicos desarrollados para papa, seleccionados por su alto índice de contenido polimórfico (PIC) (Ver material suplementario Tabla 2). Para la separación de los productos amplificados se utilizaron geles de agarosa de alta resolución MS8 en concentración de 3% (p/v) en buffer TBE 1X y corridos en buffer TBE 0,5X. Posterior a la amplificación por microsátélites se realizó la genotipificación por segregación. En la genotipificación de los materiales de papa de la región andina venezolana, se determinó el número máximo de bandas con pesos moleculares específicos y particulares exhibidos por los patrones electroforéticos que describieron los materiales con el iniciador más polimórfico. Por tanto, el código asignado a cada material tiene tantos dígitos como

bandas describió el patrón electroforético (número máximo de bandas observadas fueron cinco) y su intensidad, es decir, el código de genotipificación estuvo compuesto por un máximo de cinco dígitos, donde cada dígito se repitió dependiendo de la intensidad de bandas observada.

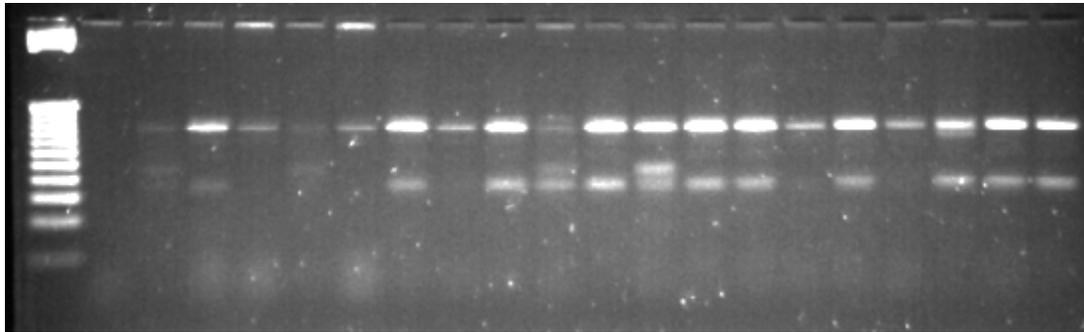
Análisis estadístico

Los datos morfológicos y polínicos (constituidos por variables cualitativas y cuantitativas a las que previamente se les definieron 3 o 4 caracteres en cada caso) se analizaron en conjunto con los datos moleculares, construyendo primero una matriz básica de datos (MBD). Se realizó el análisis de componentes a partir de la matriz de similitudes de los materiales evaluados según sus características moleculares, morfológicas y polínicas. Las distancias (0 a 1) se calcularon según el algoritmo de Gower (*gower similarity index*). Para visualizar la dispersión de las muestras respecto a las posibles variables descriptoras, se complementó con análisis de Clustering y network. Los análisis estadísticos y los gráficos se realizaron con los programas SPSS versión 21 (IBM Corporation, 8 Redmond, US). Los análisis de componentes principales, de clustering se realizaron con el programa Past v3.06 (Natural History Museum, University of Oslo, Oslo, Norway). Se obtuvo un dendrograma de relaciones con el método UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages), aplicado a los datos de las variables tanto moleculares, polínicas y morfológicas en conjunto, a partir de la matriz de similitudes (*gower similarity index*).

Resultados y Discusión

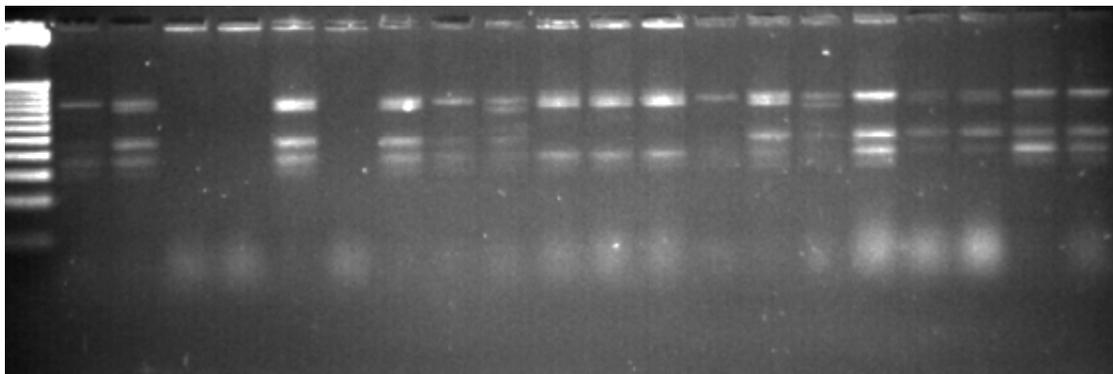
De los nueve iniciadores empleados en el estudio, el STM 0037 resultó el más polimórfico, produciendo la mayor discriminación entre los individuos evaluados (Figuras 1, 2 y el material suplementario Tabla 3), y su genotipificación por segregación del iniciador STM 0037. Es importante señalar que para efectos de este estudio se consideraron sólo 29 individuos, que son los que poseen, además de la caracterización molecular, la caracterización morfológica y polínica. Quedando excluidos los individuos que ocuparon los carriles 1, 2, 17, 23, 24, 26, 36, 37, 38, 39 y 40, que corresponden a los materiales: Sin Nombre Luís Quintero, Sin Nombre Ismael Sánchez, Sin Nombre, Sin Nombre Sector Nanjar, Papa Negra, Papa Negra Los Trigales, Papa Negra Jesús Santiago, Papa Negra Homero Santiago, Papa Negra Juan Santiago, Papa Negra José R. Santiago, Papa Negra Benjamín Quintero y Papa Negra Timotes, respectivamente.

Las 29 muestras confirmaron (Figura 3) 11 grupos de acuerdo a la caracterización molecular, los cuales coinciden con los grupos formados por la caracterización morfológica y polínica. Se observa que dentro de estos grupos se formaron subgrupos por variedades de los cuales cuatro lo conforman materiales únicos como la Reinososa de Gavidia (Grupo III), los denominados Sin Nombre de las comunidades La Toma y La Laguna del municipio Rangel (Grupos VIII y X) y una Sin Nombre de Pueblo Llano del municipio Pueblo Llano (Grupo IX).



M 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Figura 1. Gel mostrando las papas denominadas Sin Nombre.



M 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40

Figura 2. Gel con las Papas Negras y de color incluidas en el estudio.

En el grupo I se observó una discriminación muy particular, quedando conformado por materiales que, aunque provienen de lugares muy distantes, se agruparon como materiales con secuencias idénticas para la porción del genoma explorada con el iniciador STM 0037, como es el caso de las Papas de Color El Molino y las papas Rojas de Atilio González y Bernave Torres, procedentes de los municipios Arzobispo Chacón y Rangel, respectivamente, mientras que en el grupo II se observó la unificación de las papas Arbolona negra

Bernave Torres y Negra Liccia Romero, ambas de Gavidia. Ponce Almeri *et al.* (2013) señalan que al evaluar el agrupamiento desde el punto de vista regional, existe una tendencia moderada de agrupamiento de acuerdo a la región geográfica. Los grupos IV, V y VI fueron los más homogéneos, observándose en los dos primeros la mayoría de las Papas Negras, mientras que en el VI se agruparon 10 materiales denominados Sin Nombre, siete de ellos procedentes del municipio Rangel y tres del municipio Cardenal Quintero. Caso similar se

observó en el grupo VII, que a excepción de la Papa Cucuba, quedó conformado por cinco materiales Sin Nombre. La agrupación señalada viene dada por el tipo de papa y el color de la piel del tubérculo, lo cual coincide con lo obtenido por Madroñero *et al.*, (2013), cuando caracterizaron genotipos promisorios de papa criolla en Nariño. La técnica de marcadores moleculares microsatélites es eficiente en el análisis de la diversidad genética de accesiones de papa (*Solanum* spp.), formando en cada población de estudio grupos locales de variedades silvestres, nativas y las mejoradas (Tenorio-Bautista *et al.*, 2019).

En el análisis polínico se determinaron dos características fundamentales que distinguen los granos de polen correspondientes a especies y a variedades, observándose que los polen correspondientes a especies pueden caracterizarse por ser tricolporados, presentando un contorno en vista polar circular arosado y en vista ecuatorial prolato, correspondiente a las muestras del grupo III identificada como Reinosa y que correspondería a la especie *Solanum phureja*. Esta característica se relaciona con las que presentan los granos de polen silvestres. Estos granos de polen son tetracolporados o tricolporados-tetracolporado; presentando variaciones a nivel del contorno en vista polar y ecuatorial. Las muestras que presentan granos de polen tricolporados y tetracolporados corresponden a los grupos I, II, V, VI y VII, manteniendo similitudes con los resultados moleculares; mientras que las muestras de polen tetracolporados agrupan a los polen correspondientes los grupos IV, VIII, IX,

X y XI, manteniendo resultados similares a los arrojados en el análisis molecular incorporando al grupo IV correspondientes a unas muestras de papas negra y a la muestra de Granola (XI). Así mismo podemos determinar que la estructura de la exina no nos permite discriminar entre especies y variedades, ya que mantiene una ornamentación granulada siendo uniforme para toda la muestra. El tamaño y la forma del polen, la forma de las aberturas y tipos de ornamentación son los caracteres más útiles para la identificación de las especies. La variabilidad del polen en cuanto a morfología es muy diversa y parece estar correlacionada con la forma de dispersión (Tovar *et al.*, 2016). Otros autores señalan que la utilidad del polen como biomarcador al nivel de especie es limitada (Collao-Alvarado *et al.*, 2016)

El análisis mediante la matriz de similaridad (Figura 4) permitió agrupar las muestras en tres grandes grupos, las que presentan un alto grado 100% a 92% (0.00 -0.08) entre las muestras, M11, M12, M13, M14, M15 y M7, las muestras M11, M15 y M12 presentan una similaridad 0,00, lo que constituiría un solo individuo, ubicadas en el grupo de las denominadas “papas sin nombre”. Las muestras M16, M17 y M20 presentan un porcentaje de similaridad de un 92% aproximadamente (0.08-0.09), ambas correspondientes a las denominadas “papas negras. La muestra M28 presenta un porcentaje de similaridad en relación a las muestras M3, M4, M8, M27, M17, M18 y M26 de 60% a 46%. Un porcentaje similar se presenta entre la muestra M27 con M5, M8, M9, M16, M19 y M20, M23, M24 y M25.

Correspondiendo las tres primeras a las denominadas “papas sin nombre” tres a las “papas negras y de color” y la última a la denominada “Cucuba”. La muestra M29 presenta un porcentaje de distanciamiento de similitud correspondiente de 6%, 58% (0.40-0.42). en relación a las muestras, M18, M21, M6 y M8.

La muestra M2 presenta un porcentaje de distanciamiento de similitud de 60% a 54% (0.40–0.46) en relación a las muestras M19, M22, M23, M24, M8 y M29. Correspondientes las cuatro

primeras a las denominadas “papas negra, de color” y la última a papa denominada Granola. El análisis combinado de los caracteres morfológicos, moleculares y polínicos, discrimina en cuatro grupos a las 29 muestras, con un coeficiente de similitud entre 0.00 a 0.40 (Figura 3). El primer grupo está representado por la muestra M27, siendo el más divergente de la muestra. El segundo grupo conformado por las muestras M24, M23, M22 y M28, mantienen un rango de similitud entre 0.20 y 0.10 constituido por las muestras de papa denominadas de color y la denominada papa Peruana.

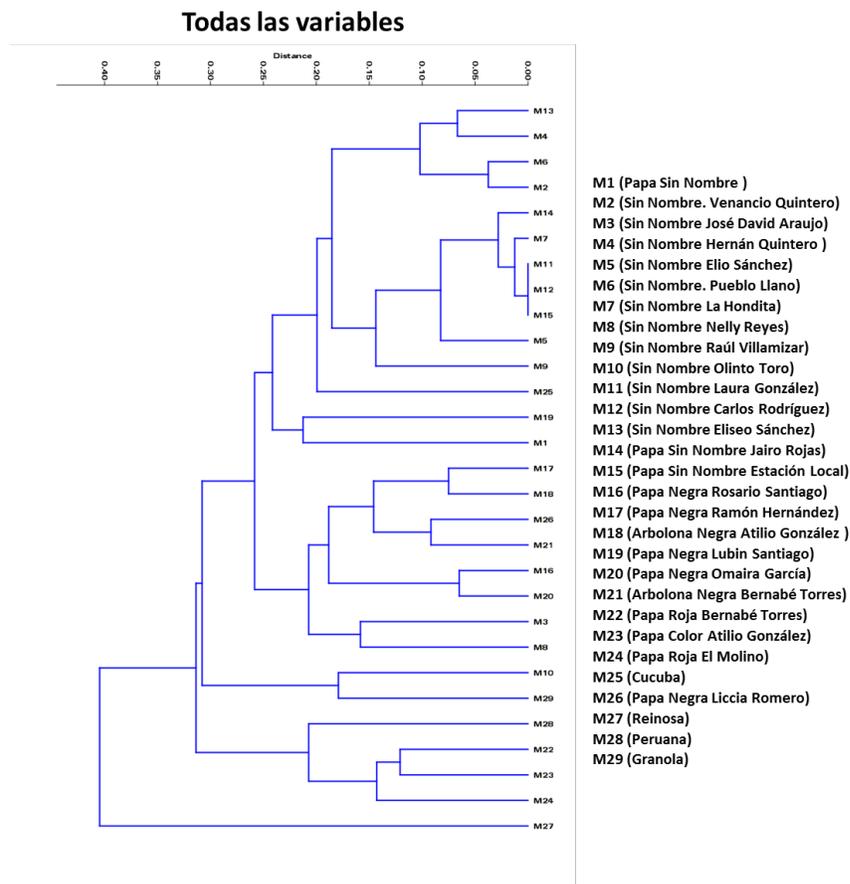


Figura 3: Agrupamiento jerárquico (*clustering*) de los materiales evaluados según sus características moleculares, morfológicas y polínicas. Se usó el algoritmo *paired group* (UPGMA) a partir de la matriz de similitudes (*gower similarity index*)

Referencias Citadas

- Barrios, A.; Creuci M., Caetano, C., Cardoso, G.; Coopeos d'Eeckenbrugge, A. Arroyave, C. (2005). Caracterización del polen de especies de los géneros *Passiflora* y *Dilkea*. *Acta de Agronomía*. 54 (3): 19-24.
- [Collao-Alvarado K.](#); [Planella M. T.](#); [Niemeyer H. M.](#) (2016) El polen de especies del género *Nicotiana* (*Solanaceae*) presentes en Chile: Evaluación de la utilidad de sus caracteres morfológicos como biomarcadores en estudios arqueológicos. [Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica](#) 51(1): 135-152.
- FEDEAGRO, (2014). *Estadísticas Agropecuarias*. <http://www.fedeagro.org/detalle5.asp?id=145>. Fecha de consulta: 10 -10-2016).
- Gabriel J. (2010). Estrategias y perspectivas del mejoramiento genético de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Bolivia. Samantha Cabrera y Andrea Alemán Editores. Fundación para la promoción e investigación de productos andinos (PROINPA). Cochabamba, Bolivia. 60 p.
- INIA Venezuela (2013). Catálogo de variedades de papa nativa y de uso local en el estado Mérida, Venezuela. Maracay, VE. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 100 p.
- Graves, C. (2000). La papa tesoro de Los Andes: De la agricultura a la cultura. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa.
- Huamán, Z; Gómez, R., (1994). Descriptores Morfológicos de la Papa para la caracterización básica de colecciones nacionales. Ediciones del Centro Internacional de la papa, Lima, Perú. 65 p.
- Ispizúa, V.; Clausen, A.; Guma, R.; Feingold, S. (2003). Estudio de la diversidad genética en variedades nativas de *Solanum tuberosum* L. ssp. Andígena mediante la utilización de microsatelites. Unidad integrada Facultad de Ciencias Agrarias. UNMdP-EEA-Balcarce. INTA., CC.276. Balcarce-Buenos Aires, Argentina. *Biología Molecular y Genética*. www.biología.org
- Mathias, M.; Kalazich, J.; Sagredo, B. (2004). Identificación de cultivares de papa a través de marcadores SSR en Chile. Suplemento Revista Latinoamericana de la papa In: XXI Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP). Valdivia-Chile. 07-12 de Marzo de 2004.
- Madroño I. C.; Rosero J. E.; Rodríguez L. E.; Navia J. F.; Benavides C. A. 2013. Caracterización Morfoagronómica de genotipos promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum* L. Grupo Andigenum) en Nariño. *Temas Agrarios* 18:(2):50-66.
- Monasterio, M. (2002). Evolución y transformación de los Páramos en la Cordillera de Mérida. Paisajes naturales y culturales de Venezuela. En Mujica, E. (Ed): Paisajes culturales de Los Andes. UNESCO, Lima, 99-109 p.
- Mondragón, A. (2006). Caracterización morfológica de la exina del polen de siete especies del género *Sterculia* L. *Bioagro* 3 (18): 139-143.
- Norero, N.; Malleville, J.; Huarte, M., Feingold, S. E. (2002). Identificación de

cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L) mediante amplificación de microsatélites. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), CC276, Balcarce-Buenos Aires, Argentina. Biología Molecular y Genética. www.biología.org. Fecha de consulta: 03-04-2018.

Ochoa, C. (2001). Las papas de Sudamérica: Bolivia. Plural, (editores).Ecuador.

Onamu, R.; Legaria – Solano, J. P.; Sahagún – Castellanos, J.; Rodríguez -de la O, J. L.; Pérez- Nieto, J. (2012). Análisis de marcadores morfológicos y moleculares en papa (*Solanum tuberosum* L.) Rev. fitotec. Mex 35 (4): 267-277.

Ortega, E.; González, L.; Osorio, M. (2005) La Biodiversidad Ancestral de las papas nativas: su contribución a la diversificación de productos para los pequeños productores altos andinos. Revista digital CENIAP HOY Número 8 mayo-agosto: 1-10.

Osorio, M., Vegas, A, Marques, A y González, L., (2011). “Condiciones para la amplificación de microsatélites en cultivares de papa”. Revista de. Agronomía Tropical 61(2):159-165.

Pirpeno, D.R. (2006). *Phytoliths. A comprehensive guide for Archaeologists and paleoecologists*. Altamira Press. Lanham, New York. Toronto Oxford.

Ponce Almeri R, Herrera M, Ramírez P. (2013) Caracterización molecular de las variedades de papas cultivadas (*Solanum* spp.) más importantes del Perú mediante el uso de microsatélites [tesis de Licenciatura]. [Lima]: Universidad Nacional Mayor de

San Marcos; 2013. CYBERTESIS. Disponible en <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3429>. Fecha de consulta: 21-06-2019.

Romero, L.; Maximina, M. (2005). Papas negras y papas de páramo: Un pasivo socio ambiental de la modernización agrícola de los Andes de Venezuela. ¿Es posible recuperarlas? Boletín Antropológico, Universidad de Los Andes, mayo-agosto, N° 64:107-138. Mérida-Venezuela.

Sáez, C.(1978). Polen y esporas: introducción a la palinología y vocabulario palinológico. Ediciones H. Blume, Madrid, España.

Soto Torres, J. (2006). Análisis de la diversidad de las papas nativas (*Solanum* spp.) de los departamentos de Ayacucho, Cajamarca, Cuzco, Huancavelica, Puno-Perú, mediante el uso de marcadores moleculares microsatélites. Tesis de Grado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Perú.

Tenorio-Bautista, Saturnino Martín, & De La Cruz Marcos, Ruggert's Neil. (2019). Análisis de la diversidad de papas (*Solanum* spp.) con marcadores moleculares microsatélite de los distritos de Secclla y Santo Tomás de Pata (Huancavelica) y Santillana (Ayacucho). J. Selva Andina Res. Soc. 10(1): 4-15. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S20729294201900100002&lng=es&tlng=es. Fecha de consulta: 21-06-2019.

Tovar Alvarez A. L.; Martínez Y Díaz de Salas M.; Del Real López A. (2016) Descripción de granos de polen de

algunas plantas del municipio de Querétaro. (Estado Actual de la Flora y Vegetación Nativa del Municipio de Querétaro y Zona Conurbada) Disponible en https://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias2009/OctavoVerano_38/35_Tovar_Alvarez.pdf. (Resumen) 4p. Fecha de consulta: 21-06-2019.

Zambrano, A. Y., Demey, J.R.; Martínez, G.; Fuenmayor, F.; Gutierrez, Z.; Saldaña, G.; Torrealba, M. (2002). Método rápido, económico y confiable de mini- preparación de ADN para amplificaciones por RAPD en bancos de germoplasma. *Agronomía tropical* 52(2): 235-243.