

Libro
de memorias

IX Congreso Ecuatoriano de la papa

Agrobiodiversidad y nutrición

Junio/ **2021**



IX

Congreso Ecuatoriano de la papa

Agrobiodiversidad y nutrición

Evento **GRATUITO**

en **línea**

#CongresoPapa2021

Áreas Temáticas

- Mejoramiento Genético y Biotecnología
- Sanidad Vegetal (Fitopatología y Entomología)
- Postcosecha (Agroindustria, Almacenamiento y Valor Nutricional)
- Producción y Tecnología de Semillas
- Agronomía (Suelos, Riego, Fertilización, Fisiología y Sistemas de Producción)
- Socio-economía (Saberes Ancestrales, Mercado, Organizaciones Campesinas y Comercialización)

Ponencias y Conferencias Magistrales

30 de junio **2021**
01 de julio



Inscripciones:

062604141 - 0960625870

email: congresodelapapa@gmail.com

www.congresodelapapa.com

ORGANIZAN:



APOYO INSTITUCIONAL:

Apoyo de la Unión Europea al desarrollo del Talento Humano, Innovación y Transferencia de Tecnología en el Ecuador



Financiado por la Unión Europea

Ministerio de Agricultura y Ganadería



Juntos lo logramos

CON EL AUSPICIO DE:



IX Congreso Ecuatoriano de la Papa

Agrobiodiversidad y Nutrición



Artículos del IX-CEP-2021

Latacunga – Cotopaxi – Ecuador
Junio 30 y Julio 01 del 2021

IX CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA

Agrobiodiversidad y Nutrición

Primera edición digital, 2021

Racines, M., Cuesta, X., Rivadeneira, J., Pantoja, J.L. (eds.). 2021. Artículos del Noveno Congreso Ecuatoriano de la Papa. Latacunga, Ecuador. 115 p.

Prólogo: Comité Organizador, IX Congreso Ecuatoriano de la Papa

ISBN 978-9942-22-529-0

ISBN: 978-9942-22-529-0



Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

IX CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA

Agrobiodiversidad y Nutrición

Comité Organizador:

INIAP

Xavier Cuesta, Ph.D.
Jorge Rivadeneira, M.Sc.
Karla Tinoco, M.Sc.

UTC

Marco Rivera, Mg.
Karina Marín, Mg.
Guadalupe López, Mg.

CIP

Horacio Rodríguez, M.Sc.
Nancy Panchi, Ing. Agr.

AGNLATAM

Patricio Cuazapaz, Ing. Agr.
Byron Montero, Ing. Agr.

Comité Científico:

Álvaro Monteros, Ph.D.
José L. Pantoja, Ph.D.
Carlos Torres, Ph.D.
Carmen Castillo, Ph.D.
Xavier Cuesta, Ph.D.
Jorge Troya, Ph.D.
Emerson Jácome, Ph.D.
Iván Samangiego, Ph.D.
Jorge Rivadeneira, M.Sc.

Comité Editor:

Marcelo Racines, M.Sc.
Jorge Rivadeneira, M.Sc.
Xavier Cuesta, Ph.D.
José L. Pantoja, Ph.D.

IX CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA

Agrobiodiversidad y Nutrición

PRÓLOGO

La papa (*Solanun tuberosum* L.), continúa siendo uno de los principales cultivos de importancia en el Ecuador y a nivel mundial. La producción de papa constituye una fuente importante de alimentos para las poblaciones que consumen este tubérculo, tanto por sus cualidades alimenticias, contenidos nutricionales y aportes a la salud. La producción de papa constituye un factor dinamizador de los flujos económicos y sociales en las zonas productoras.

El Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el Centro Internacional de la Papa sede Ecuador (CIP), la empresa Agro-Negocios Latinoamérica (AGNLATAM), junto con la Univ. Técnica de Cotopaxi (UTC) han organizado el Noveno Congreso Ecuatoriano de la Papa (IX-CEP-2021).

Las actuales circunstancias de pandemia COVID-19 que atraviesa el mundo, han planteado fuertes cambios en los factores dentro de las cadenas de la producción y consumo. En este entorno cambiante, en el sector agropecuario se crean nuevas oportunidades y retos que los están asumiendo los diversos actores de la ciencia, academia, producción y de la política, para dar respuestas a las demandas.

Esta es la primera ocasión que se organiza y realiza este CEP de manera virtual. A pesar de los cambios en el entorno, el comité científico ha mantenido la esencia del Congreso, aprobando trabajos inéditos, de interés, que mantengan evidencia científica de base y se constituyan en aportes en para el conocimiento, la ciencia y tecnología en el rubro papa. Para el IX-CEP-21, la oportunidad será llegar a un mayor número de participantes en el evento virtual y el reto será llenar sus expectativas de los contenidos de las conferencias.

Es necesario resaltar que en este año 2021, el Centro Internacional de la Papa sede Ecuador, cumple 50 años de trabajo, apoyo y aporte al sector agrícola ecuatoriano. De igual manera, se ha convertido en una organización impulsora y soporte en la organización y ejecución de cada una de las ediciones de los Congresos Ecuatorianos de la Papa realizados desde el año 2005.

El comité organizador del Congreso agradece la activa participación de los expositores nacionales e internacionales pertenecientes a organizaciones del sector público y privado, de institutos de investigación, universidades, centros internacionales y empresas privadas, que están aportando con el conocimiento plasmado en cada una de las conferencias y trabajos presentados en esta memoria.

Para finalizar, se agradece a todas las empresas auspiciantes y colaboradores que han apoyado con sus recursos para la ejecución de este evento.

Comité Organizador
IX-CEP-2021

IX CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA

Agrobiodiversidad y Nutrición

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| CONFERENCIAS MAGISTRALES | 13 |
| Estado actual de la investigación de la papa en el Ecuador | 15 |
| AGUAPAN: Una experiencia replicable y escalable de derechos de agricultor para la conservación de recursos genéticos de la papa | 18 |
| Herramientas bioinformáticas para el análisis de patatas tetraploides | 20 |
| Especies de fitoplasmas en cultivos agrícolas y ornamentales presentes en México | 23 |
| Insectos vectores de patógenos con énfasis en bacterias y fitoplasmas que afectan el cultivo de papa en el Pacífico Noroeste de EE.UU. | 24 |
| Control biológico de <i>Bactericera cockerelli</i> , la táctica que no debe olvidarse en el manejo de esta plaga | 29 |
| Entendiendo la mente del consumidor | 32 |
| Potencial agroindustrial de la papa en Ecuador | 33 |
| Riesgos climáticos y huella de carbono de los sistemas alimentarios andinos basados en papa | 34 |
| Caja de herramientas para trabajar con sistemas de semillas de raíces, tubérculos y bananos | 36 |
| Degeneración de semilla de papa: condiciones agroecológicas, manejo y agricultores | 41 |
| Agricultura de ahorro de agua en el cultivo de papa | 43 |
| Niveles críticos de absorción, translocación y eficiencia de macronutrientes minerales para altos rendimientos en papa | 47 |
| ARTÍCULOS SESIÓN | 49 |
| MEJORAMIENTO, RECURSOS FITOGENÉTICOS Y BIOTECNOLOGÍA | 49 |
| Mejoramiento asistido en papa con el uso de marcadores moleculares. Proyecto INIAP-UE-AECID-papa | 51 |
| Evaluación de marcadores moleculares asociados con la resistencia a tizón tardío para selección asistida en papa | 53 |
| Nueva variedad de papa con resistencia moderada a tizón tardío y buena calidad para la Sierra Centro | 55 |
| Determinación de la resistencia genética de ocho especies silvestres de <i>Solanum</i> spp. a <i>Bactericera cockerelli</i> en invernadero, Quito, Ecuador | 57 |
| Evaluación de la resistencia y/o tolerancia a <i>Globodera pallida</i> en genotipos de papa en invernadero | 60 |
| PROTECCION VEGETAL, FITOPATOLOGÍA Y ENTOMOLOGÍA | 63 |

| | |
|---|-----|
| Dinámica poblacional de <i>Bactericera cockerelli</i> Šulc en papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) en Imbabura ... | 65 |
| Evaluación de cuatro estrategias de rotación de insecticidas para control de <i>Bactericera cockerelli</i> | 67 |
| Evaluación del efecto de punta morada de la papa sobre el comportamiento agronómico y la transmisión de síntomas por tubérculo-semilla en la var. Superchola | 69 |
| Evaluación de la actividad biológica contra <i>Fusarium</i> sp partir de proteína residual de papa de las variedades Superchola y Violeta obtenida mediante tratamiento térmico..... | 72 |
| POSCOSECHA, AGROINDUSTRIA, ALMACENAMIENTO Y VALOR NUTRITIVO..... | 77 |
| Efecto genotipo–ambiente–fertilización sobre el contenido de antioxidantes y glucosa en dos genotipos de papa criolla colombiana | 79 |
| Valoración de la calidad de papa criolla cocida en el Departamento de Nariño, Colombia | 81 |
| Efecto del proceso de fritura en 9 genotipos de papa criolla (<i>Solanum phureja</i>)..... | 83 |
| Evaluación de tres técnicas ancestrales de almacenamiento con dos variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> spp.) en Tambillo, Mejía, Pichincha 2020 | 86 |
| Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) utilizando la enzima alfa amilasa a partir de dos variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Chaucha y Superchola | 88 |
| Evaluación de propiedades físicas de cupcakes y masas con sustitución de harina de trigo por almidón de papa | 90 |
| AGRONOMÍA Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS | 93 |
| Producción de semilla pre-básica de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) var. Superchola a partir de esquejes, en la provincia del Carchi..... | 95 |
| DMSO y rutina flavonoide complementarios al manejo de PMP para incrementar peso de tubérculos..... | 97 |
| Estimación del impacto ambiental de estrategias para el manejo y control químico de <i>Bactericera cockerelli</i> , vector de papa rayada en papa | 99 |
| Aplicación de la metodología de Blaney–Criddle para el uso eficiente del agua de riego en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) en el nororiente de la parroquia Aláquez, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi | 102 |
| Eficiencia de aplicación de tres métodos de riego en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) | 104 |
| ANEXOS..... | 107 |
| PROGRAMA DEL CONGRESO | 109 |
| Organizadores, apoyos institucionales y auspiciantes | 113 |

IX CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA

Agrobiodiversidad y Nutrición

CONFERENCIAS MAGISTRALES

Estado actual de la investigación de la papa en el Ecuador

Xavier Cuesta¹ y Jorge Rivadeneira¹

¹ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Est. Exp. Santa Catalina, Quito, Ecuador. E-mail: jorge.rivadeneira@iniap.gob.ec

Palabras clave: Bióticos, Abióticos, Variedades

RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum*) es el cuarto cultivo alimenticios más importante del mundo después del arroz, maíz y el trigo (FAO, 2021). En la actualidad la papa se cultiva en 17×10^6 ha en todo el mundo y la producción mundial de papa representa 370×10^6 ton y más de 1500×10^6 personas comen papas (FAO, 2021). En Ecuador, la producción nacional de papa en el año 2020 fue de 408313 ton, con una superficie cosechada de 24882 ha y un rendimiento promedio de 14 t ha^{-1} (INEC, 2020). La papa se siembra en la región sierra, siendo las provincias de Carchi, Chimborazo y Tungurahua las provincias con mayor superficie cosechada la cual representa el 56.7% del total de la superficie y en producción la provincia de Carchi es la de mayor participación con un 46% de la producción (INEC, 2020). La papa es afectada por factores bióticos y abióticos que reducen la producción y afectan la calidad del producto (Dahal et al., 2019).

Entre los factores bióticos las principales limitantes son el complejo de la PMP causada por fitoplasmas y CaLso, transmitidas por insectos vectores como *Bactericera cockerelli* y semilla enferma y el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) (Castillo et al., 2019; Castillo et al., 2018; Caicedo et al., 2020; Caicedo et al., 2015; Delgado, 2019). Otra limitante son los patógenos de suelo como el nematodo del quiste (*Globodera pallida*), Rhizoctonia (*Rhizoctonia solani*), pudriciones (*Pectobacterium* sp, *Dickeya* sp) y la sarna (*Spongospora subterranea*) constituyen las más importantes que pueden producir pérdidas en producción entre el 30 al 100% y reducen la calidad del tubérculo (Cuesta et al., 2021; Araujo et al., 2021; Gutiérrez et al., 2015). Mientras que, dentro de los factores abióticos por efecto del cambio climático, el déficit hídrico, las bajas temperaturas y el exceso de humedad se han convertido en problemas graves que afectan la producción. Al ser la papa un cultivo que se reproduce de forma vegetativa a través de tubérculo la tasa de producción de semilla es baja. Además, en algunas épocas del año los precios de comercialización del tubérculo no cubren los costos de producción del agricultor, por lo que es necesario contar con tecnologías que le den valor agregado y reduzcan sus pérdidas poscosecha. Para finalizar, es necesario que todo el conocimiento/tecnología generada se difunda a los diferentes actores de la cadena de valor.

Para dar respuesta a estas limitantes el INIAP trabaja en cinco áreas: 1) Mejoramiento genético para el desarrollo de nuevas variedades; 2) Manejo integrado del cultivo, 3) Investigación en producción de semilla 4) Valor agregado y 5) Apoyo en la capacitación/difusión de tecnologías generadas.

Mejoramiento genético: Se ha colectado y caracterizado la gran diversidad de papas nativas, silvestres y mejoradas presentes en el país. Se estima más de 550 nativas, 23 mejoradas y 17 especies silvestres, las cuales las conserva el INIAP y una parte es usada en el programa de mejoramiento. Se han liberado 23 variedades las cuales presentan características de resistencia a enfermedades requieren hasta cinco veces menos pesticidas y son hasta 14 veces menos contaminantes, sus rendimientos son mayores a 30 t ha^{-1} (INIAP-CIP-Libertad) y algunas tienen tres veces más contenido de Fe y Zn y 10 veces más antioxidantes (INIAP-Puca Shungo, INIAP-Yana Shungo, INIAP-Natividad), presentan tolerancia a sequía (INIAP-Josefina), calidad para procesamiento (INIAP-CIP-Libertad, INIAP-Fátima, INIAP-SuperFri, INIAP-Fripapa).

Manejo integrado (MI): Para el complejo de PMP se tiene establecida una estrategia de MI basada en el uso de variedades precoces, monitoreo permanente, rotación de insecticidas, prácticas culturales y uso de semilla sana con lo cual se ha logrado reducir en más del 70% las pérdidas producidas por esta

enfermedad. Para tizón tardío a través del uso de variedades resistentes, el uso del sistema de apoyo a la decisión (SAD) se ha logrado reducir el 75% de uso de fungicidas.

Para el MI de gusano blanco y el complejo de polillas, con el uso de tecnología de MI se ha reducido las pérdidas hasta en un 80%. En lo que se refiere a los patógenos de suelo, a través de la rotación de cultivos, el uso de semilla de calidad, la aplicación de fungicidas y control biológico (*Trichoderma*) combinado con variedades resistentes/tolerantes pueden reducir de forma significativa sus efectos adversos.

En lo referente a fertilización y riego, se tiene establecida la recomendación basada en el análisis de suelo y las curvas de extracción de nutrientes, para algunas variedades se conoce el requerimiento hídrico por fase fenológica y se dispone de información de los métodos de riego más eficientes para el cultivo.

Investigación en semilla: Con el uso de semilla de calidad se han incrementado los rendimientos hasta en un 70%, con la tecnología de selección positiva se ha reducido la presencia de virus en 40% con un incremento de rendimiento del 90%. Con aeroponía se ha incrementado tres veces la índice producción.

Poscosecha y valor agregado: Se dispone de información de las pérdidas poscosecha que pueden llegar al 30%, las variedades mejoradas y nativas de mayor difusión han sido caracterizadas por usos con las escuelas de gastronomía y Chefs. Se dispone de información de uso en forma de puré, harinas, almidón, alcohol. Se ha realizado estudios sobre el contenido de acrilamida, fritura al vacío.

Apoyo en Capacitación/difusión: Día nacional de la papa, congreso nacional de la papa, campaña de consumo, publicaciones (>150), las más recientes guía PMP, Manual pequeños productores, publicación mejoramiento genético.

Para abordar el tema de PMP en los últimos años se han capacitado a más de 5000 agricultores/técnicos y se han elaborado más de cinco materiales de capacitación/difusión.

BIBLIOGRAFÍA

- Araujo, A., Cartagena, Y., Castillo, C., Cuesta, X., Monteros, C., Paula, N., Racines, M., Rivadeneira, J., Velásquez, J., Panchi, N., Andrade-Piedra, J. 2021. Manejo Integrado del Cultivo. pp. 17–70. En: M. Racines, X., Cuesta, y C., Castillo (eds.). Manual del cultivo de papa para pequeños productores. 3^a Ed.
- Caicedo, J., Crizón, M., Pozo, A. Cevallos, L. Simbaña, L. Rivera, y V. Arahana. 2015. First report of 'Candidatus Phytoplasma aurantifolia' (16SrII) associated with potato purple top in San Gabriel, Carchi, Ecuador. New Dis. Reports, 32.
- Caicedo, D., Simbaña, L.L., Calderón, D.A., Lalangui, K.P., and Rivera-Vargas, L.I. 2020. First report of "Candidatus Liberibacter solanacearum" in Ecuador and in South America. Australasian Plant Disease Notes, 15(1):6.
- Castillo Carrillo, C., Fu, Z., and Burckhardt, D. 2019. First record of the tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli* from South America. Bulletin of Insectology, 72(1):85-91.
- Castillo Carrillo, C., Paltrinieri, S., Bustamante, J.B., and Bertaccini, A. 2018. Detection and molecular characterization of a 16SrI-F phytoplasma in potato showing purple top disease in Ecuador. Australasian Plant Pathology, 47, 311-315.
- Cuesta, X., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Racines, M., y Castillo, C. 2021. Guía de manejo de la punta morada de la papa. Manual técnico No.104. 2^{da} Ed. Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Quito, Ecuador. 20 p.
- Dahal, K.; Li, X.Q.; Tai, H. 2019. Improving potato stress tolerance and tuber yield under a climate change scenario- a current overview. Frontiers in Plants Science 10:563.
- Delgado, R. 2019. Late blight: pathogen variability and disease resistance breeding in Ecuador [Tesis de Doctorado, Wageningen University]. 136 p. <https://edepot.wur.nl/475569>
- FAO - Food and Agriculture Organization. 2021. FAOSTAT Statistics Database. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

- Gutiérrez, C., Llumiyinga, P., Gallegos, P., Orbe, K., Castillo, N., Ulloa, J., Guanotásig, C., Enríquez, W., and Proaño, K. 2015. Potato cyst nematodes infesting potato fields in Ecuador: integrative diagnosis and molecular phylogeny. 6th International Barcoding Conference, 223.
- Inst. Nacional de Estadística y Censos – INEC. 2020. Encuesta y superficie y producción agropecuaria continua (en línea). Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

AGUAPAN: Una experiencia replicable y escalable de derechos de agricultor para la conservación de recursos genéticos de la papa

Stef de Haan¹

¹ Iniciativa Andina, Centro Internacional de la Papa – CIP. E-mail: s.dehaan@cgiar.org

Palabras clave: Agrobiodiversidad, Conservación *in-situ*, Pago por servicios ambientales

RESUMEN

La conservación *in-situ* de variedades ancestrales –resultado del manejo contemporáneo de la diversidad varietal en la agricultura familiar Andina– es un proceso dinámico que contribuye a la evolución continua de los recursos genéticos y la preservación de los conocimientos colectivos (ancestrales y modernos) asociados de la papa en su centro de origen. Además, aporta a la seguridad alimentaria, adaptación climática e identidad cultural de miles familias que practican agricultura en la frontera agrícola de mayor altitud a nivel mundial. Este proceso no es algo del pasado. Todo lo contrario: sigue siendo un legado vigente de la agricultura familiar que aporta servicios ecosistémicos de importancia vital a la humanidad (Visser et al., 2019).

Lo expuesto se reconoce en convenciones internacionales (Halewood, 2016), en especial en el artículo 9 del Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (ITPGRFA, 2004) sobre los Derechos de Agricultor y en el Protocolo de Nagoya sobre acceso y distribución de beneficios bajo la Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 2014). Aparte de los Derechos de Agricultor y las intenciones de lograr beneficios derivados, se ha desarrollado un cuerpo creciente de modelos de Pagos por Servicios Ambientales (PSA). Mientras que hay muchas experiencias orientadas a para la conservación de agua y C, aún existen pocas prácticas que se refieren al servicio multidimensional de la conservación *in-situ* de cultivos (De Haan, 2021).

Los Derechos de Agricultor consisten en los derechos consuetudinarios de los agricultores a guardar, usar, intercambiar y vender semillas y material de propagación guardados en la finca, sus derechos a ser reconocidos, recompensados y apoyados por su contribución al acervo mundial de recursos genéticos, así como el derecho a participar en la toma de decisiones sobre temas relacionados con los recursos genéticos de los cultivos (Anderson, 2016; Anderson y Winge, 2017.). Reconoce (Adhikari et al., 2021): (i) la enorme contribución que las comunidades locales e indígenas aportan, así logrando la conservación y desarrollo de recursos fitogenéticos (art. 9.1), (ii) el valor de la protección de los conocimientos tradicionales (art. 9.2a), (iii) el derecho a participar de forma equitativa en la distribución de los beneficios derivados (art. 9.2b), (iv) el derecho a participar en la toma de decisiones (art. 9.2c), el derecho a guardar, usar, intercambiar y vender semillas (art. 9.3).

El caso de la Asociación de Guardianes de la Papa Nativa (AGUAPAN) es un modelo que vincula esquemas de Responsabilidad Social Corporativa (RSA) del sector privado con PSA directos a los agricultores custodios de recursos genéticos (AGUAPAN, 2016). Con ello la asociación logra compartir beneficios monetarios con sus asociados y a la vez impulsar la autoorganización para que la organización y los mismos custodios cuenten con las capacidades y conocimientos para defender sus derechos. AGUAPAN fue fundada en julio del 2014. Al inicio agrupó a 50 familias de igual número de comunidades de cinco regiones del Perú. Al 2021 la asociación representa a 100 comunidades cubriendo nueve regiones desde Ayacucho hasta La Libertad (extremo sur a norte). Cada miembro de AGUAPAN cultiva por herencia entre 50 a 300 variedades ancestrales. Incluye la tradicional siembra en *chaqru* o *wachuy* (variedades en mezcla) y un cuerpo incalculable de conocimientos colectivos salvaguardadas entre los miembros. La Asociación promueve la cooperación y solidaridad entre sus asociados, así como el intercambio de semillas, conocimientos y experiencias.

Desde 2014 la empresa privada se asocia con AGUAPAN porque el modelo ofrece una forma directa y confiable para la distribución de fondos hacia los beneficios derivados de recursos genéticos. Es importante porque los Derechos de Agricultor han resultado difíciles de promulgar en la práctica (Borowiak, 2004). El modelo ha logrado, a nivel piloto, hacer un puente entre la búsqueda de empresas para hacer realidad su intención de implementar los acuerdos internacionales y la demanda de los agricultores custodios de contar con recursos para autogestionar lo que ellos perciben como beneficios (Canto et al., 2017). Algunos de los logros más importantes de AGUAPAN incluyen: (i) plasmar una organización gestionada por y para custodios, (ii) distribuir cada año incentivos monetarios a sus miembros, (iii) capacitar a agricultores líderes en temas de derecho internacional (incluso a nivel internacional), (iv) documentar gran parte de su diversidad genética que acumula alrededor de 1000 variedades, (v) iniciar nuevas iniciativas para beneficiar a miembros mayores de edad y a jóvenes (caso Fondo Salud y la marca colectiva Miski Papa), (vi) ser reconocidos como un modelo innovador por el mismo ITPGRFA, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO) y La Fundación del Premio Mundial de la Alimentación.

AGUAPAN también sigue confrontando retos. Incluye la comunicación entre sus miembros que viven en zonas muy aisladas (en especial durante la pandemia), una creciente capacidad organizacional a la medida que crece la asociación, la mentoría intergeneracional entre miembros mayores y jóvenes, el monitoreo ágil de la diversidad varietal, y el compromiso nacional de inversión en una organización de base porque en la actualidad el 90% de los fondos provienen del exterior. El modelo AGUAPAN es muy replicable y escalable. El mismo AGUAPAN tiene por objetivo cubrir todas las regiones del Perú desde Puno hasta Cajamarca. La experiencia tiene potencial de ser replicada para el caso de la papa nativa en Bolivia y Ecuador, además de otros recursos nativos: cultivos, ganadería.

BIBLIOGRAFÍA

- Adhikari, K., Bikundo, E., Chacko, X., Chapman, S., Humphries, F., Johnson, H., Keast, E., Lawson, C., Malbon, J., Robinson, D., Rourke, M., Sanderson, J. y Tranter, K. 2021. What should farmers' rights look like? The possible substance of a right. *Agronomy* 11, 376.
- AGUAPAN 2016. Asociación de Guardianes de la Papa Nativa del Centro de Perú: un nuevo modelo de autoorganización para compartir beneficios. AGUAPAN, SPDA, INIA, Grupo Yanapai. Centro Internacional de la Papa – CIP, Lima, Perú.
- Anderson, R. 2016. Farmers' Rights: Evolution of the International Policy Debate and National implementation. pp. 129–152. *En: M. Halewood (ed.). Farmers' Crop Varieties and Farmers' Rights: challenges in taxonomy and law. Issues in Agricultural Biodiversity. Earthscan for Routledge, Oxon, UK.*
- Anderson, R. y Winge, T. 2017. Realising Farmers' Rights to Crop Genetic Resources: success stories and best practices. Routledge Publishing, Oxfordshire, UK.
- Borowiak, C. 2004. Farmers' Rights: intellectual property regimes and the struggle over seeds. *Politics and Society* 32(4):511-543.
- Canto, R., Luziatelli, G., Meza, K. y De Haan, S. 2017. La experiencia de AGUAPAN en la comunidad de Quilcas. *LEISA Rev. de Agroecología* 33(3):33.
- De Haan, S. 2021. Community-based Conservation of Crop Genetic Resources. pp. 229–250. *En: M.E. Dooloo (ed.). Plant Genetic Resources: a review of current research and future needs. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK.*
- Halewood, M. (ed.) 2016. Farmers' Crop Varieties and Farmers' rights: challenges in taxonomy and law. *Issues in Agricultural Biodiversity. Earthscan for Routledge, Oxon, UK.*
- Visser, B., Brush, S.B., Aistara, G.A., Andersen, R., Jäger, M., Nemogá, G., Padmanabhan, M. y Sherwood, S.G. 2019. The Governance of Agrobiodiversity. pp. 283–305. *En: K.S. Zimmerer y S. de Haan (eds.). Agrobiodiversity: Integrating Knowledge for a Sustainable Future. Strüngmann Forum Reports, Vol. 24. MIT Press, Cambridge, USA.*

Herramientas bioinformáticas para el análisis de patatas tetraploides

Enrique Ritter¹, Leire Barandalla¹, Alba Alvarez¹ y Jose Ignacio Ruiz de Galarreta¹

¹ NEIKER – Inst. Vasco de Investigaciones Agrarias, Vitoria-Gasteiz, España. E-mail: eritter@neiker.eus

Palabras clave: GWAS, QTL mapping, SNP

RESUMEN

Las variedades de papa cultivadas proceden de especies de *Solanum* diploides (*S. stenotomum*, *S. phureja*, *S. goniocalyx* y *S. ajanhuiri*), triploides (*S. chaucha*, *S. juzepczukii*) y una especie pentaploide (*S. curtilobum*), pero la mayoría de las variedades comerciales a (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) son autotetraploides. La investigación molecular en papa se ha realizado en especial a nivel diploide, porque es más simple y antes las herramientas bioinformáticas para el análisis de poliploides eran escasas.

La presentación se divide en dos partes: primero se resumen algunas herramientas bioinformáticas disponibles para el análisis de poliploides y a continuación un ejemplo práctico de un análisis GWAS (“Genome Wide Association Studies”) para caracteres de producción, materia seca y contenido de azúcares reductores en 150 variedades de papa ensayadas durante 2019 en NEIKER.

En diploides solo existe un tipo de heterocigoto, mientras que en poliploides hay múltiples. Por lo tanto, primero hay que determinar la dosis de cada alelo. Los datos moleculares pueden provenir de secuenciación (GBS, RNAseq, secuenciación de amplicones) o de microarrays (SolCap). Existen varios paquetes de software para estos fines: “fitpoly”, “SuperMASSA” y “ClusterCall” para datos de arrays y “updog”, “polyrad” o “GATK” para datos de secuenciación.

Los análisis habituales incluyen aparte de la determinación de la estructura poblacional y el análisis de biodiversidad, la construcción de mapas genéticos y análisis QTL en poblaciones de cruzamientos controlados. Asimismo, la determinación de los efectos de los SNP y la computación de los “Valores de Mejora” (Breeding Values) mediante GWAS o GS (Selección Genómica) en las accesiones, utilizando diferentes modelos y algoritmos.

Para la construcción de mapas genéticos en poliploides existe diferente software, tal como “MAPpoly” y “polymapR”, así como “PolyOrigin” para poblaciones multi- parentales en un diseño conectado. Para el análisis de QTL se pueden utilizar “polyQTL”, “QTLpoly” o “diaQTL”. Este último sirve para el análisis de dialelos (parciales). Para GWAS sirve el software “PolyRAD”, “TASSEL4-Poly” o “GAPIT”, siempre que se disponga de un fichero 4x en formato HapMap. Más detalles sobre el software y los análisis encuentran en: <https://www.polyploids.org>.

Por otra parte, se ensayó una colección de 150 variedades tetraploides de papa en un diseño de bloques incompletos con dos repeticiones. Tras la cosecha se determinó el número y peso medio de los tubérculos y la producción total. Además, se cuantificó la materia seca y contenido de azúcares reductores en cada una de las repeticiones.

Se generaron amplicones de 175 genes candidato en cada genotipo, se indexaron y se mezclaron en concentraciones iguales. La mezcla obtenida se secuenció en una plataforma ION S5 utilizando el chip I-530. El fichero FASTQ se procesó con diferente software adecuado para el análisis de especies tetraploides. El fichero FASTQ se procesó con “Snakemake” especificando en el módulo GATK ploidía = 4, y utilizando la secuencia genómica de patata del PGSC como referencia. Se obtuvo un fichero VCF con 2720 SNP.

En principio, para la detección de QTL se utilizó GWASpoly, apto para tetraploides con diferentes modelos. En condiciones muy rigurosas con correcciones FDR se obtuvo un total de tan solo 18 SNP significativos para los caracteres mencionados. Estos SNP correspondían en parte a genes candidatos con sentido

biológico relevante. Por otra parte, se realizó un análisis de biodiversidad en las variedades ensayadas utilizando el software polysat para tetraploides. Se computó una matriz de distancias Lynch entre las variedades y se realizó un análisis de coordenadas principales (PCoA). La matriz de distancias sirvió también para un análisis Cluster con NTSYSpc utilizando el método Neighbour joining y construir dendrogramas con éste y el software DARWIN, obteniendo varios pequeños subgrupos de variedades.

TASSEL (v. 5.2.42) permite procesar VCF tetraploides para generar una matriz Kinship de relaciones entre genotipos y realizar un análisis de componentes principales (PCA). Utilizando el software "STRUCTURE" se determinó que el número de grupos óptimo en el conjunto de nuestras variedades siendo de un total de nueve, lo cual se refleja también en los análisis Cluster mencionados. STRUCTURE se utilizó también para obtener la correspondiente matriz Q para GWAS. TASSEL (v.5.2.42) permite generar ficheros en formato HapMap a partir de un VCF tetraploide, el cual es necesario para para realizar GWAS con una versión modificada de GAPIT. El número de SNPs aumentó en este tipo de análisis y se obtuvieron 272 SNPs para un modelo MLM+Q y 277 SNPs, utilizando el mismo modelo con el algoritmo E CMLM para los caracteres de interés. Varios de estos SNPs estaban localizados en el mismo gen candidato. GAPIT genera también valores de mejora (GBEV) para cada carácter y en cada variedad, a partir de los efectos de cada SNP. Estos se correlacionaron con los valores observados ($r > 91\%$).

Los SNPs que revelan efectos significativos para un carácter de interés se pueden utilizar para la selección asistida por marcadores (SAM) y los valores de mejora (GBEV) sirven para diseñar cruzamientos prometedores entre parentales.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo ha sido financiado por el MICINN (PID2019-109790RR-C2) y el Gobierno Vasco.

BIBLIOGRAFÍA

- Clark, L. V., y A. D. Schreier. 2017. Resolving microsatellite genotype ambiguity in populations of allopolyploid and diploidized autopolyploid organisms using negative correlations between allelic variables. *Molecular ecology resources*, 17(5):1090–1103. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12639>
- Da Silva Pereira, G., Mollinari, M., Schumann, M. J., Clough, M. E., Zeng, Z. B., Yenchu, G. C. 2021. The recombination landscape and multiple QTL mapping in a *Solanum tuberosum* cv. 'Atlantic'-derived F₁ population. *Heredity*, 10.1038/s41437-021-00416-x. Advance online publication. <https://doi.org/10.1038/s41437-021-00416-x>
- De, R., Bush, W. S., Moore, J. H. 2014. Bioinformatics challenges in genome-wide association studies (GWAS). *Methods in molecular biology*, 1168:63–81. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0847-9_5
- Klaassen, M. T., Bourke, P. M., Maliepaard, C., Trindade, L. M. 2019. Multi-allelic QTL analysis of protein content in a bi-parental population of cultivated tetraploid potato. *Euphytica: Netherlands J. Plant Breeding*, 215(2):14. <https://doi.org/10.1007/s10681-018-2331-z>
- Köster, J., y S. Rahmann. 2018. Snakemake—a scalable bioinformatics workflow engine. *Bioinformatics (Oxford, England)*, 34(20):3600. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty350>
- Pereira, G. S., Garcia, A., Margarido, G. 2018. A fully automated pipeline for quantitative genotype calling from next generation sequencing data in autopolyploids. *BMC bioinformatics*, 19(1):398. <https://doi.org/10.1186/s12859-018-2433-6>
- Rosyara, U. R., De Jong, W. S., Douches, D. S., Endelman, J. B. 2016. Software for Genome-Wide Association Studies in Autopolyploids and Its Application to Potato. *The plant genome*, 9(2):10. 3835/plantgenome2015.08.0073. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2015.08.0073>
- Schönhals, E. M., Ding, J., Ritter, E., Paulo, M. J., Cara, N., Tacke, E., Hofferbert, H. R., Lübeck, J., Strahwald, J., Gebhardt, C. 2017. Physical mapping of QTL for tuber yield, starch content and starch yield in tetraploid potato (*Solanum tuberosum* L.) by means of genome wide genotyping by sequencing

- and the 8.3 K SolCAP SNP array. *BMC genomics*, 18(1):642. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12864-017-3979-9>
- Tang, Y., Liu, X., Wang, J., Li, M., Wang, Q., Tian, F., Su, Z., Pan, Y., Liu, D., Lipka, A. E., Buckler, E.S., Zhang, Z. 2016. GAPIT Version 2: An Enhanced Integrated Tool for Genomic Association and Prediction. *The plant genome*, 9(2):10. Disponible en: 3835/plantgenome2015.11.0120. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2015.11.0120>
- Zheng, C., Voorrips, R. E., Jansen, J., Hackett, C. A., Ho, J., Bink, M. C. 2016. Probabilistic Multilocus Haplotype Reconstruction in Outcrossing Tetraploids. *Genetics*, 203(1):119–131. Disponible en: <https://doi.org/10.1534/genetics.115.185579>

Especies de fitoplasmas en cultivos agrícolas y ornamentales presentes en México

Reyna I. Rojas-Martínez¹

¹ Lab. Fisiología y Biología Molecular de la Interacción Planta-Patógeno-Vector, Postgrado en Fitosanidad - Fitopatología. Colegio de Postgraduados. E-mail: rojas@colpos.mx

Palabras clave: Mollicutes, Plasticidad genética patógenos de plantas

RESUMEN

Los fitoplasmas son bacterias no cultivables carentes de pared celular pertenecientes a la clase Mollicutes son responsables de cientos de enfermedades en plantas ornamentales, plantas cultivadas y plantas arvenses, en todo el mundo. Estos patógenos están restringidos a los tubos del floema, se transmiten de planta a planta mediante insectos vectores del tipo chupador, de la familia Cicadellidae, Fulgoridae y Psilidae en menor grado, por injerto y semilla. El hecho de que no se cultiven en un medio libre de células, lo que indica que estos organismos tienen un metabolismo más reducido que otros mollicutes lo cual se ha evidenciado en los genomas de fitoplasmas que a la fecha se han secuenciado. Estos patógenos inducen una variedad de síntomas entre las que se incluyen, amarillamientos, retraso del crecimiento, escoba de bruja, esterilidad de las flores y necrosis, virescencia, filodia entre otros.

Las alteraciones como escobas de bruja, filodia y virescencia sugieren que los fitoplasmas interfieren con el metabolismo de las hormonas vegetales. La severidad y la combinación de los síntomas depende mucho del aislamiento, la edad de la planta y el tiempo de infección que ocupa el fitoplasma para diseminarse dentro de ella.

Por otro lado, las interacciones con sus insectos que actúan como vectores es compleja implicando su replicación intra y extracelular, en el intestino y las glándulas salivales, los tejidos epiteliales, musculares y otros órganos, la infección sistémica de los fitoplasmas dentro del insecto puede tomar diez días o más dependiendo del grupo, la especie de insecto y la temperatura. Considerando que hay evidencia de que algunos fitoplasmas se transmiten en sentido vertical a la progenie de sus insectos vectores, los medios predominantes de supervivencia más efectivos son por esta vía.

A la fecha se tienen secuenciados cuatro genomas de fitoplasmas entre ellos el amarillamiento del áster *Candidatus Phytoplasma asteris* quién tiene un amplio rango de hospedantes y son transmitidos por insectos polífagos. Una serie de factores contribuyen a las reducciones del genoma, incluidos tamaños poblacionales pequeños, asexualidad, un sesgo mutacional que favorece las eliminaciones frente a las inserciones, un entorno de crecimiento rico en términos metabólicos y, por último, la ausencia de flujo del genoma de otras fuentes debido a tanto el ambiente intracelular restringido, como la incapacidad de incorporar ADN extraño por recombinación. A pesar de que los fitoplasmas están sujetos a la mayoría de estos factores, éstos no están restringidos a un único insecto vector y las poblaciones pueden consistir en múltiples cepas de fitoplasma. En particular, los fitoplasmas que colonizan un amplio espectro de plantas e insectos son más propensos a encontrar fitoplasmas y otros organismos que proporcionan fuentes para la adquisición de elementos genéticos.

Debido a sus pequeños genomas y su importancia económica de estos patógenos y al poco conocimiento que se tiene de las especies de insectos vectores en México es necesario conocer a las plantas arvenses y/u ornamentales que pueden ser reservorios de estos patógenos para generar estrategias que eviten su diseminación en plantas de interés económico como la papa.

Insectos vectores de patógenos con énfasis en bacterias y fitoplasmas que afectan el cultivo de papa en el Pacífico Noroeste de EE.UU.

Silvia I. Rondon¹

¹ Oregon State University, Crop and Soil Sciences, Hermiston Agricultural Research and Extension Center. OSU Integrated Pest Management Director Center, Professor and Extension Entomology Specialist. E-mail: silvia.rondon@oregonstate.edu

Palabras clave: *Bactericera cockereli*, *Circulifer tenellus*, Manchado de la papa, Mancha estriada, Psílido de la papa, Punta morada, Saltador de hoja

RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial. En los EE.UU., la papa es cultivada en todos los estados, aunque más de la mitad de la producción proviene de los estados de Idaho, el estado de Washington, y Oregón. Los tres estados están ubicados en la zona conocida como el Pacífico Noroeste (PNW siglas en inglés). Las papas que se producen en esta zona son utilizadas en el mercado de consumo fresco directo, y también en el mercado procesado que incluye papas fritas, chips, hojuelas, entre otras. La zona del PNW presenta condiciones óptimas para la producción de papa, incluyendo buen clima, días calurosos y noches frías, buen suelo, y abundante agua. Esto permite tener uno de los rendimientos por hectárea más grandes en el mundo. Varias especies de insectos y ácaros pueden reducir la producción de una manera directa o indirecta. Directa, alimentándose de hojas, tallos, tubérculos u otras partes de la planta. Indirecta, sirviendo como vehículos de patógenos incluyendo virus, bacterias o fitoplasmas (Rondon, 2012).

Insectos del grupo de los Hemiptera como los saltadores de hojas (Cicadellidae), áfidos o pulgones (Aphididae), moscas blancas (Aleyrodidae), o psílidos (Triozidae), pueden alimentarse y reproducirse solo en la papa (monófagos), combinar papa con otros cultivos (polífagos), o pueden utilizar la papa como un cultivo hospedero secundario. En algunos casos pueden transmitir patógenos como el caso de áfidos que transmiten virus que causan enfermedades como el “virus de la papa Y” o PVY (siglas en inglés) (Gray y Power, 2018); o como los saltadores de hojas que pueden transmitir fitoplasmas que causan la enfermedad de la mancha o punta morada (Rondon y Oppedisano, 2020); o los psílidos que son vehículos de la bacteria que causa la enfermedad de las estrias en papa o zebra chip (ZC, siglas en inglés) (Munyanza y Henne, 2013; Rondon, 2017). Este resumen se focalizará en fitoplasmas y bacterias.

Los fitoplasmas son organismos pequeños y obligatorios que se mueven casi de forma exclusiva en los tejidos del floema de la planta, y están asociados con enfermedades de cientos de especies vegetales en todo el mundo, incluyendo muchos cultivos de importancia económica como la papa, ornamentales, y otros (Lee et al., 2000; Weintraub y Orenstein 2004; Munyanza et al., 2010a). Las fitoplasmas se transfieren a las plantas durante la alimentación del insecto vector a través de la saliva. El proceso es complejo e interesante. Los mecanismos de transmisión pueden resumirse en 1) el período de adquisición, que corresponde a la duración de alimentación necesaria para adquirir el fitoplasma; 2) el período de latencia, que es el tiempo requerido desde la adquisición inicial hasta cuando ocurra la transmisión o movimiento; y (3) el período de acceso a la inoculación, que corresponde al tiempo de alimentación suficiente para transmitir el patógeno.

Los vectores y fitoplasmas tienen una relación propagatoria y persistente y el patógeno debe multiplicarse y mantenerse dentro de vector (Rondon y Oppedisano, 2020). En el PNW, la enfermedad más importante en papas es la enfermedad de la punta morada o “purple top disease” (PTD), o “Columbia purple top disease” (CPTD) (siglas en inglés). PTD fue primero descrita en Canadá (Nasir et al., 2007). Hamm et al. (2003) y Crosslin et al. (2005) documentaron la enfermedad en el PNW el 2002, 2003, 2005 y 2013; después del 2013, reportes esporádicos siguieron (Rondon comunicación personal). Al inicio, se pensó que la

enfermedad era transmitida por el vector que causa la enfermedad conocida como la enfermedad fitoplasmática amarilla o “aster yellows phytoplasma” (AY, siglas en inglés) que es transmitida por *Macrosteltes* spp. (Cicadellidae) (Hagel et al., 1973), sin embargo, en el PNW se determinó que la punta morada o PTD era transmitida por *Circulifer tenellus* Baker y el agente causal era el fitoplasma Beet Leafhopper Transmitted Virescence Agent (BLTVA, siglas en inglés) (Munyaneza et al., 2010a).

Banttari et al. (1993), Leyva-López et al. (2002), Lee et al. (2004), Jones et al. (2005), Lee et al. (2006), y Hodgetts et al. (2008) describieron fitoplasmas en detalle en papa incluyendo PTD en cultivos en los EE.UU., América Central y del Sur. Lo cierto es que esta enfermedad se ha convertido en un factor limitante para la producción de papas en varias áreas de Canadá, EE.UU. (Oregón, el estado de Washington) y Sudamérica (Munyaneza y Henne, 2013; Schreiber et al., 2020). *Circulifer tenellus*, además de afectar a la papa, también puede ser vector de una enfermedad viral que causa el enroscado de las hojas o “beet curly top” (BCT, siglas en inglés) que afecta cultivos como frijoles, tomate, espinaca, remolacha, melones y otros miembros de la familia de las cucurbitáceas (Munyaneza y Henne, 2013).

Una extensa descripción del vector y la enfermedad puede encontrarse en las siguientes citaciones: Harries y Douglass (1948), Cook (1967), Hills (1937), Cook (1967), Bennett (1971), Golino et al. (1989), Capinera (2001), Hamm et al. (2003), Crosslin et al. (2005), Crosslin et al. (2006), Munyaneza et al. (2006), Munyaneza et al. (2010), Munyaneza y Henne (2013). El manejo integrado de esta plaga fue descrito por Murphy et al. (2014), Rondon y Murphy (2016), y Rondon y Oppedisiano (2020).

El grupo de Rondon estimó que una densidad de *C. tenellus* de 1 por planta (nivel bajo), medio (2 por planta), o alto (5 por planta) podrían causar una reducción de producción de 3, 12, o 15%, respectivamente. El monitoreo del vector utilizando trampas pegajosas amarillas fue recomendado para monitorear *C. tenellus* (Murphy et al., 2013; Schreiber et al., 2020); también el control de malas hierbas, en especial de la familia Umbellifera para reducir hospederos alternativos (Schreiber et al., 2020), y la selección de variedades de papa resistentes cuando son disponibles (Munyaneza et al., 2009). La literatura indica que dos familias de Hymenoptera (avispijas) de las familias Mymaridae y Trichogrammatidae pueden controlar el vector (Huffaker et al., 1954; Flock et al., 1962; Meyerdirk y Hessein, 1985; Meyerdirk y Moratorio, 1987; Al-wahaibi y Walker, 2000a, b; Bayoun et al., 2008). En el PNW, el control químico fue estudiado por Munyaneza et al. (2010b), y Rondon y Murphy (2016). El control químico del vector es efectivo (Rondon y Murphy, 2016).

Entre las enfermedades bacteriales más importantes que afectan a la papa está la enfermedad de las estrías o ZC. Esta enfermedad ha causado millones de dólares en pérdida económica. Fue reportada en el PNW por primera vez en el 2011 por agricultores que fueron sorprendidos por esta nueva enfermedad en la zona. Agricultores confundieron ZC con la enfermedad fitoplasmática que causa la mancha o punta morada (PTD) debido a que los síntomas foliares que ZC produce son similares a los de PTD. En EE.UU., ZC fue documentada por primera vez en campos de papas cerca de Saltillo, México en 1994 y años después en Texas. Desde ahí, ZC se ha encontrado en Arizona, California, Colorado, Kansas, Nebraska, Nevada, Nuevo México, Wyoming, Utah, Oregón, estado de Washington, e Idaho. ZC también se encuentra en Guatemala, Honduras, México, Nueva Zelanda, Nicaragua, Australia y Ecuador (Crosslin et al., 2012b, Rondon 2017; Castillo Carrillo et al., 2019).

El vector de esta enfermedad es *Bactericera cockerelli* Šulc conocido como el psílido de la papa o del tomate. Este insecto afecta miembros de la familia Solanacea y puede usar cultivos o malezas de la misma familia o también de la familia Convolvulácea. Este es el único vector efectivo de la bacteria que causa la enfermedad de las estrías o ZC causada por *Candidatus Liberibacter solanacearum* o Lso o CaLso (siglas en inglés) (Munyaneza et al., 2007; Hansen et al., 2008). Existen cuatro haplotipos del insecto vector; el haplotipo central, del oeste, del sur oeste y del noroeste (nombre referido a la ubicación geográfica donde los especímenes fueron colectados en los EE.UU.). En centro y Sur América, el haplotipo central se encuentra en México, El Salvador, Honduras y Nicaragua (Swisher et al., 2012; 2013); Castillo et al. (2019) reportó el mismo haplotipo en Ecuador. Al mismo tiempo, existen tres haplotipos de la bacteria (A, B y C) y un nuevo haplotipo fue reportado en 2019 (Swisher Gri mm and Garczynski, 2019). Una vez que el insecto adquiere Lso, la bacteria en el interior del insecto se mueve de forma circular y persistente, encontrándose

en todos los órganos internos, en especial en las glándulas salivares, estómago, hemolinfa, bacteriocitos y órganos reproductivos (Cooper et al., 2014; Hansen et al., 2008). Munyaneza (2015) escribió un buen resumen de la biología y epidemiología de ZC. Cohen et al. (2020) and Shrestha et al. (2020) describieron poblaciones de psílicos en el ecosistema y la distribución vertical del insecto, respetivamente; Zhen et al. (2020) estudió el efecto que tienen bacterias en la biología de psílicos.

En el transcurso de su historia, la papa ha sido afectada por muchas enfermedades causadas por patógenos muchos de ellos transmitidos por insectos. Científicos alrededor del mundo continúan su lucha por seguir obteniendo conocimiento científico y al mismo tiempo transfiriendo esos conocimientos a los productores.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-wahaibi, A. K., and G. P. Walker. 2000a. Oviposition behavior of *Anagrus nigriventris*, an egg parasitoid of beet leafhopper, *Circulifer tenellus*. *Bio. Control* 45:139–153.
- Al-Wahaibi, A. K., and G. P. Walker. 2000b. Searching and oviposition behavior of a mymarid egg parasitoid, *Anagrus nigriventris*, on five host plant species of its leafhopper host, *Circulifer tenellus*. *Entomol. Exp. Applic.* 96:9–25.
- Banttari, E., P. Ellis, and S. Khurana. 1993. Management of Diseases Caused by Viruses and Virus Like Pathogens. *Potato Health Management*, Rowe, RC. APS Press, St. Paul.
- Bayoun, I. M., G. P. Walker, and S. V. Triapitsyn. 2008. Parasitization of beet leafhopper eggs, *Circulifer tenellus*, in California. *J. Appl. Entomol.* 132:412–424.
- Bennett, C. W. 1971. The curly top disease of sugarbeet and other plants. *Am. Phytopath. Soc.* 7:1-81.
- Capinera, J. 2001. *Handbook of vegetable pests*, Elsevier.
- Castillo Carrillo, C., Z. Fu, and D. Burckhardt. 2019. First record of the tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli* from South America. *Bull. of Insectology*, 72(1):85–91.
- Cohen, A.L., C.H. Wohleb, S.I. Rondon, V. Jones, and D.W. Crowder. 2020. Seasonal population dynamics of potato psyllid (Hemiptera: Triozidae) in the Columbia River Basin. *Environ. Entomol.* 49(4):974–982. doi.org/10.1093/ee/nvaa068.
- Cooper, W.R., V.G. Sengoda, and J.E. Munyaneza. 2014. Localization of ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ (Rhizobiales: Rhizobiaceae) in *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *Annals of the entomological society of America* 107:204–210.
- Cook, W. C. 1967. Life history, host plants, and migrations of the beet leafhopper in the western United States, vol. Bulletin No. 1365, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, Washington, DC.
- Crosslin, J. M., G.J. Vandemark, and J.E. Munyaneza. 2006. Development of a real-time, quantitative PCR for detection of the Columbia Basin potato purple top phytoplasma in plants and beet leafhoppers. *Plant Disease* 90:663–667.
- Crosslin, J.M., S.I. Rondon, and P.B. Hamm. 2012. Population dynamics of the beet leafhopper in northeastern Oregon and incidence of the beet leafhopper-transmitted virescence agent phytoplasma. *Am. J. Pot. Res.* 89:82–88.
- Crosslin, J.M., P.B. Hamm, J.E. Eggers, S.I. Rondon, V.G. Sengoda, and J.E. Munyaneza. 2012b. First report of zebra chip disease and “*Candidatus Liberibacter solanacearum*” on potatoes in Oregon and Washington State. *Plant Disease* 96(3):452.
- Crosslin, J.M., J.E. Munyaneza, A. Jensen, and P.B. Hamm. 2005. Association of beet leafhopper (Hemiptera: Cicadelloidea) with a clover proliferation group phytoplasma in Columbia Basin of Washington and Oregon. *J. of Econ. Entomol.* 98:279–283.
- Flock, R.A., R.L. Doult, R.C. Dickson, and E.F.J. Laird. 1962. A survey of beet leafhopper egg parasites in the Imperial Valley of California. *J. Econ. Entomol.* 55:277–281.
- Golino, D.A., G.N. Oldfield, and D.J. Gumpf. 1989. Experimental hosts of the beet leafhopper-transmitted virescence agent. *Plant Disease* 73:850–854.

- Gray, S.M., and A.G. Power. 2018. Anthopogenetic influences on emergence of vector borne plant viruses: the persistent problem of Potato virus Y. *Curr. Opin., Virol.* 33:177–183.
- Hagel, G., B. Landis, and M. Ahrens. 1973. Aster leafhopper: source of infestation, host plant preference, and dispersal. *J. Econ. Entomol.* 66:877–881.
- Hamm, P.B., J.M. Crosslin, G. Pelter, and A. Jensen. 2003. Potato purple top or psyllid yellows: what was the problem in 2002, and how might it be controlled? *Potato Progress* 3:1–3.
- Hansen, A.K., J.T. Trumble, R. Stouthamer, and T.D. Paine. 2008. A new huanglongbing species, “*Candidatus Liberibacter psyllaourous*,” found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Appl. Environ. Microbiol.*, 74(18):5862–5865.
- Harries, F.H., and J.R. Douglass. 1948. Bionomic studies on the beet leafhopper. *Ecological Monographs* 18:45–79.
- Hills, O.A. 1937. The beet leafhopper in the central Columbia River breeding area. *J. Agri. Res.* 55:21–31.
- Hodgetts, J., N. Boonham, R. Mumford, N. Harrison, and M. Dickinson. 2008. Phytoplasma phylogenetics based on analysis of *secA* and 23S rRNA gene sequences for improved resolution of candidate species of ‘*Candidatus Phytoplasma*’. *International J. of Systematic and Evolutionary Microbiology* 58:1826-1837.
- Huffaker, C.B., J.K. Holloway, R.L. Doult, and G.L. Finney. 1954. Introduction of egg parasites of the beet leafhopper. *J. of Economic Entomology* 47:785–789.
- Jones, P., Y. Arocha, O. Antesana, E. Montellano, and P. Franco. 2005. 'Brotos grandes'(big bud) of potato: a new disease associated with a 16SrI-B subgroup phytoplasma in Bolivia. *Plant Pathology* 54.
- Lee, I.-M., R.E. Davis, and D.E. Gundersen-Rindal. 2000. Phytoplasma: Phytopathogenic mollicutes. *Ann. Rev. Microb.* 54:221–255.
- Lee, I.M., K.D. Bottner, J.E. Munyaneza, G.A. Secor, and N.C. Gudmestad. 2004. Clover proliferation group (16SrVI) subgroup A (16SrVi-A) phytoplasma is a probable causal agent of potato purple top disease in Washington and Oregon. *Plant Disease* 88:429.
- Lee, M., K.D. Bottner, G. Secor, and V. Rivera-Varas. 2006. ‘*Candidatus Phytoplasma americanum*’, a phytoplasma associated with a potato purple top wilt disease complex. *Internat. J. Syst. and Evol. Microbiology* 56:1593-1597.
- Leyva-López, N. E., J.C. Ochoa-Sánchez, D.S. Leal-Klevezas, and J.P. Martínez-Soriano. 2002. Multiple phytoplasmas associated with potato diseases in Mexico. *Can. J. of Microb.* 48:1062-1068.
- Meyerdirk, D.E., and N.A. Hessein. 1985. Population dynamics of the beet leafhopper, *Circulifer tenellus* (Baker), and associated *Empoasca* spp. (Homoptera: Cicadellidae) and their egg parasitoids on sugar beets in southern California. *J. Econ. Entomol.* 78:346–353.
- Meyerdirk, D.E., and M.S. Moratorio. 1987. Seasonal population density of *Anagrus giraulti* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of *Circulifer tenellus* and *Empoasca* spp. (Homoptera: Cicadellidae). *J. Econ. Entomol.* 80:362–365.
- Munyaneza, J.E., and D.C. Henne. 2013. Leafhopper and psyllid pests of potatoes. In A. Alyokhin, C. Vincent and P. Giordanengo [eds.], *Insect pests of potato: Global perspectives on biology and management*. Academic Press, Elsevier, Waltham, MA.
- Munyaneza, J.E., J.M. Crosslin, and J.E. Upton. 2006. Beet leafhopper (Hemiptera: Cicadellidae) transmits the Columbia Basin potato purple top phytoplasma to potatoes, beets and weeds. *J. Econ. Entomol.* 99:268–272.
- Munyaneza, J.E., J.M. Crosslin, and J.E. Upton. 2007. Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with “zebra chip”, a new potato disease in southwestern United States and Mexico. *J. of Economic Entomology*, 100:656–663.
- Munyaneza, J.E., J.M. Crosslin, and J. Buchman. 2009. Susceptibility of different potato cultivars to purple top disease. *Am. J. Pot. Resear.* 86:499–503.
- Munyaneza, J.E., J.M. Crosslin, J.E. Upton, and J. Buchman. 2010a. Incidence of the beet leafhopper-transmitted virescence agent phytoplasma in local populations of the beet leafhopper, *Circulifer tenellus*, in Washington State. *J. Insect Science.* 10:1–10.
- Munyaneza, J.E., J.M. Crosslin, J. Buchman, and V.G. Sengoda. 2010b. Susceptibility of different potato plant growth stages to purple top disease. *Am. J. Pot. Resear.* 87:60–66.

- Munyaneza, J. E. 2015. Zebra chip disease, *Candidatus Liberibacter*, and potato psyllid: a global threat to the potato industry. *Am. J. Pot. Res.* 92 (2):230–235.
- Murphy, A.F., S.I. Rondon, R. Marchosky, J. Buchman, and J. Munyaneza. 2014. Evaluation of beet leafhopper transmitted virescence agent damage in the Columbia Basin. *Am. J. Pot. Resear.* 91:101-108.
- Nasir, M.M., S.M. Mughal, and S.M. Khan. 2007. Occurrence, distribution and detection of potato purple top phytoplasma disease in the Punjab (Pakistan). *Bull. Insectology* 60:377.
- Rondon, S.I. 2012. Pest management strategies for potato insect pests in the Pacific Northwest of the United States. pp. 309–333. *In: Insecticides - Pest Engineering*, Farzana Perveen (ed.). ISBN: 978-953-307-895-3. In-Tech. DOI:10.5772/31023.
- Rondon, S.I., and A.F. Murphy. 2016. Monitoring and controlling the beet leafhopper *Circulifer tenellus* in the Columbia Basin. *Am. J. Pot. Resear.* 93:80-85.
- Rondon, S.I. 2017. 'Zebra chip' de la patata en el pacific noroeste de EE.UU.: una vision retrospectiva del manejo de la enfermedad. *Phytoma* 291:49-53.
- Rondon, S.I., and T. Oppedisano. 2020. Biology and management of beet leafhoppers and purple top disease in potatoes in the PNW. OSU EM9282
- Schreiber, A., A. Jensen, S.I. Rondon, E. Wenninger, and S. Reitz. 2020. Integrated pest management guidelines for insects and mites in Idaho, Oregon, and Washington Potatoes. Idaho, Oregon, and Washington State Potato Commissions.
- Shrestha, G., D.I. Thompson, and S.I. Rondon. 2020. Vertical distribution of insect pests using insect towers placed near potato fields in the lower Columbia Basin. *J. Econ. Entomol.* doi.org/10.1093/jee/toaa263.
- Swisher, K.D., Arp, A.P., Bextine, B.R., Aguilar Alavarez, E.Y., Crosslin, J.M., Munyaneza, J.E., 2013. Haplotyping the potato psyllid, *Bactericera cockerelli*, in Mexico and Central America. *Southwestern Entomologist*, 38:201–208.
- Swisher, K.D., J.E. Munyaneza, and J.M. Crosslin. 2012. High resolution melting analysis of the cytochrome oxidase I gene identifies three haplotypes of the potato psyllid in the United States. *Environmental Entomology*, 41(4):1019–1028.
- Swisher, K.D., Arp, A.P., Bextine, B.R., Aguilar Alavarez, E.Y., Crosslin, J.M., Munyaneza, J.E., 2013. Identification of a new haplotype of *Candidatus Liberibacter solanacearum* in *Solanum tuberosum*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-0937-RE>
- Weintraub, P.G., and S. Orentein. 2004. Potential leafhopper vectors of Phytoplasma in carrots. *Inter. J. Trop. Insect. Sci.* 24(3):228–235.
- Weintraub, P.G., and L. Beanland. 2006. Insect vectors of phytoplasmas. *Annu. Rev. Entomol.* 51:91-111.
- Zhen F., A.R. Meier, B. Epstein, A.O. Bergland, C.I. Castillo-Carrillo, W.R. Cooper, R.K. Cruzado, D.R. Horton, A.S. Jensen, J.L. Kelley, A. Rashed, S.R. Reitz, S.I. Rondon, J. Thinakaran, E.J. Wenninger, C.H. Wohleb, D.W. Crowder, and W.E. Snyder. 2020. Host plants and Wolbachia shape the population genetics of sympatric herbivore populations. *Evol. Applic.* 13(10):2740–2753.

Control biológico de *Bactericera cockerelli*, la táctica que no debe olvidarse en el manejo de esta plaga

Esteban Rodríguez-Leyva¹

¹ Colegio de Postgraduados, Posgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología, Montecillo, 56230 Texcoco, Estado de México, MÉXICO. E-mail: esteban@colpos.mx; erodriguezleyva@gmail.com

Palabras clave: Depredadores, Entomopatógenos, Parasitoides, Psílido de la papa

RESUMEN

El psílido de la papa, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae), se describió como una plaga directa en ají (= chile = *Capsicum* sp.) desde 1909 en Colorado, EE.UU. (Sulc 1909). En 1927 se observó el potencial de daño al presentarse amarillamientos por el psílido en papa (*Solanum tuberosum* L.), pero para 1938 esos amarillamientos por psílicos en papa se consideraron de importancia mayúscula en varias zonas de producción de este cultivo en EE.UU. (Pletsch 1947; Butler y Trumble 2012a).

Desde entonces, primero en EE.UU. pero después en el resto de los países donde el psílido se convirtió en problema, se combate hasta hoy con insecticidas convencionales (Pletsch 1947; Butler y Trumble 2012a; Luna-Cruz et al., 2015). Con el correr del tiempo, y el movimiento de material vegetal o desplazamiento del insecto, *B. cockerelli* es ahora una plaga mayúscula en solanáceas en EE.UU. y México (en el sur de Canadá sólo se ha detectado de forma ocasional), en los últimos años en varios países de Centroamérica y Nueva Zelanda (Butler y Trumble 2012a; Teulon et al., 2009), y en 2017 se reportó de Ecuador sobre plantas de papa (Castillo et al., 2019).

La importancia de *B. cockerelli* como vector de fitopatógenos, en especial de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, agente causal del zebra chip en papa (Hansen et al., 2008; Munyaneza 2015), y los daños de ese agente causal en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) han provocado que el combate de este vector sea —ante la ausencia de variedades resistentes al patógeno— de forma cultural pero sobre todo químico. En papa y tomate no se toleran poblaciones de *B. cockerelli* y la presencia de poblaciones incipientes se combaten de forma directa con insecticidas convencionales en la mayoría de los casos, aunque los jabones agrícolas también han mostrado un papel relevante para su combate en invernadero.

Está claro que cuando *B. cockerelli* es vector de fitopatógenos en los cultivos sólo los hongos entomopatógenos, por ejemplo, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* e *Isaria fumosorosea* (Lacey et al., 2009; Tamayo-Mejía et al., 2014), parecen ser los únicos enemigos naturales que pueden emplearse para combatir poblaciones incipientes de este insecto, porque el uso frecuente de insecticidas convencionales no permitirá el establecimiento de parasitoides o depredadores (Luna-Cruz et al., 2015). El combate de *B. cockerelli* en ají (chile) en algunos lugares en México demostró que los hongos entomopatógenos necesitaban estar en dosis de 1×10^{13} conidios ha⁻¹ para tener efectividad en campo (Tamayo-Mejía et al., 2014).

Aunque hay un haplotipo de “*Candidatus* Ls” que es transmitido por *B. cockerelli* y puede causar síntomas y daño en ajís (chiles), no está difundido ni se considera de relevancia en campo, por lo tanto, en cultivos de ají (chile) en EE.UU. y México *B. cockerelli* sigue considerándose como plaga fitófaga (no vector), y también en tomate de cáscara o tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot Ex Hornem) en México. Por tanto, se pueden tolerar poblaciones más elevadas de *B. cockerelli* en esos cultivos, pero, a decir verdad, no hay ningún trabajo en el mundo que indique su umbral como fitófago en cultivos de ají, tomatillo o berenjena (¿cuántas ninfas por hoja? ¿10 adultos y 30 ninfas por hoja? ¿cinco adultos y 10 ninfas por hoja?). En Ecuador, un país tan diverso en solanáceas —por ser centro de origen y domesticación— va a ser indispensable determinar cuáles cultivos no tienen problemas por la transmisión de fitopatógenos por *B. cockerelli* (daño sólo como fitófago). En estos cultivos se podrían tolerar poblaciones más elevadas de *B.*

cockerelli y empezar a explorar que enemigos naturales de esa región tienen algún impacto sobre las poblaciones de este fitófago.

Bactericera cockerelli es de origen norteamericano, la lista de depredadores que se alimentan de él es grande. Esta lista con sus reportes originales se encuentra en Butler y Trumble (2012a, b). Entre los más relevantes de esa lista están: a) coccinélidos, sobresalen al menos 3 o 4 especies de *Hippodamia* spp. comunes en el continente americano; b) hemípteros, por ejemplo, *Geocoris decoratus* Uhler, *Orius tristicolor* (White), *Anthocoris tomentosus* Pericart, *Deraeocoris brevis* (Uhler) y *Nabis ferus* (L.); y c) crisópidos, aunque hay varias especies que pueden alimentarse de ninfas del psílido, algunos ensayos experimentales no auguran éxito de este grupo.

Es importante indicar que, aunque se sabía de la diversidad de enemigos naturales que se alimentan de *B. cockerelli* en campo, casi no se hicieron evaluaciones del control natural de esta plaga hasta hace poco tiempo. Butler y Trumble (2012b) identificaron que *O. tristicolor* (White) (Hemiptera: Anthocoridae), *Geocoris pallens* Stal (Hemiptera: Geocorinae), e *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville (Coleptera: Coccinellidae) son enemigos naturales clave en la regulación de la población de *B. cockerelli* en el sur de California en cultivos de papa, tomate y ají (= chile pimiento).

En un experimento en plantas de papa y una maleza (*Solanum americanum* Miller), utilizando jaulas para evitar el acceso de enemigos naturales, se demostró que *B. cockerelli* tuvo una población 65% superior en la ausencia de esas tres especies de depredadores, al compararse con plantas donde se había permitido el acceso de los depredadores (= control natural) (Butler y Trumble, 2012b). Además de depredadores generalistas de *B. cockerelli*, también se han detectado al menos dos parasitoides de esta plaga en EE.UU. y México (Butler y Trumble 2012a; Rojas et al., 2015).

En EE.UU. se restó importancia a estos enemigos naturales (Butler y Trumble 2012a), pero en México se documentó la capacidad de un parasitoide, *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae), como agente potencial de control biológico de esta plaga (Rojas et al., 2015; Calvo et al., 2018). A pesar de ello, éste no se utiliza de forma extensiva y solo empezó a emplearse en invernaderos de alta tecnología (Calvo et al., 2016, 2018; Ramírez-Ahuja et al., 2017). Ese parasitoide se introdujo en Nueva Zelanda para iniciar un programa de control biológico clásico de *B. cockerelli* (Butler y Trumble, 2012a).

El combate biológico de *B. cockerelli* aún no es extensivo. Sin embargo, los enemigos naturales de *B. cockerelli* en México y EE.UU. han mostrado importancia en su control natural (Bravo y López 2007; Butler y Trumble 2012b). Por ello, en cultivos que toleren poblaciones elevadas de este insecto y donde no represente un riesgo como vector de fitopatógenos, se debe insistir en la importancia de conservar y fomentar el control natural para mejorar las propuestas de manejo de *B. cockerelli*. La detección de *B. cockerelli* en Ecuador es un reto enorme, y se debe pensar en tácticas de combate que contribuirán a hacer sostenible los cultivos de solanáceas que atacará *B. cockerelli*.

Así, además del control cultural y la búsqueda de resistencia en las variedades locales de papa y solanáceas de importancia, se debe insistir en el registro y evaluación de los depredadores generalistas (coccinélidos, hemípteros depredadores incluidos los zoofitófagos, crisópidos, etc.) de ese país. Se insiste porque quizá tendrán un impacto en las poblaciones de ese insecto plaga, y en las propuestas de manejo que se establecerán allí. Aunque *B. cockerelli* sea un insecto exótico para Sudamérica, hay insectos depredadores generalistas en todo el continente (coccinélidos, hemípteros, crisópidos) que pueden tener un impacto en el control natural, y por ello se debe prevenir y evitar la aplicación indiscriminada de plaguicidas en los cultivos que toleren poblaciones de *B. cockerelli* sin poner en riesgo la producción (donde no es vector de fitopatógenos). Además de las áreas agrícolas, esos enemigos naturales quizá tendrán un papel regulador en áreas naturales con solanáceas (no agrícolas) donde se desarrollarán poblaciones de *B. cockerelli*.

BIBLIOGRAFÍA

- Bravo, M.E., y L.P. López. 2007. Principales plagas del chile de agua en los valles centrales de Oaxaca. Agroproduce, Fundación Produce Oaxaca A.C. 7:12–15.
- Butler, C.D., and J.T. Trumble. 2012a. The potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae): life history, relationship to plant diseases, and management strategies. *Terrestrial Arthropod Reviews* 5:87–111.
- Butler, C.D. and J.T. Trumble. 2012b. Identification and impact of natural enemies of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae) in Southern California. *J. Econ. Entomol.* 195:1509–1519.
- Calvo, J., A. Torres-Ruiz, J.C. Velázquez-González, E. Rodríguez-Leyva, and J.R. Lomeli-Flores. 2016. Evaluation of *Dicyphus hesperus* for biological control of sweetpotato whitefly and potato psyllid on greenhouse tomato. *BioControl* 61:415–424.
- Calvo, J., A. Torres-Ruiz, J.C. Velázquez-González, E. Rodríguez-Leyva, and J.R. Lomeli-Flores. 2018. Improved sweetpotato whitefly and potato psyllid control in tomato by combining the mirid *Dicyphus hesperus* (Heteroptera: Miridae) with specialist parasitic wasps. *J. Econ. Entomol.* 111:549–555.
- Castillo, C.C., Z. Fu, D. Burckhardt. 2019. First record of the tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli* from South America. *Bulletin of Insectology* 72:85–91.
- Hansen, A.K., Trumble, J.T., Stouthamer, R., Paine, T.D. 2008. A new huanglongbing species, “*Candidatus Liberibacter psyllauros*,” found to infect tomato and potato, is vectored by the psyllid *Bactericera cockerelli* (Sulc). *Applied and Environmental Microbiology* 74:5862–5865.
- Lacey, L.A., F. De la Rosa, D.R. Horton. 2009. Insecticidal activity of entomopathogenic fungi (Hypocreales) for *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae): Development of bioassay techniques, effect of fungal species and stage of the psyllid. *Bio. Sci. Technol.* 19:957–970.
- Luna-Cruz, A., E. Rodríguez-Leyva, J. R. Lomeli-Flores, L. D. Ortega-Arenas, N. Bautista y S. Pineda. 2015. Toxicity and residual activity of insecticides against *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). *J. of Economic Entomology* 108:2289–2295.
- Munyaneza, J.E. 2015. Zebra chip disease, *Candidatus Liberibacter*, and potato psyllid: a global threat to the potato industry. *American J. Potato Res.* 92:230–235.
- Pletsch, D.J. 1947. The potato psyllid *Paratrioza cockerelli* (Sulc), its biology and control. *Bulletin Montana Agricultural Experiment Station* 446:1–95.
- Ramírez-Ahuja, M. L., E. Rodríguez-Leyva, J. R. Lomeli-Flores, A. Torres-Ruiz, y A. W. Guzmán-Franco. 2017. Evaluating combined use of a parasitoid and a zoophytophagous bug for biological control of the potato psyllid, *Bactericera cockerelli*. *Biological Control* 106:9–15.
- Rojas, P., E. Rodríguez-Leyva, J. R. Lomeli-Flores, and T. X. Liu. 2015. Biology and life history of *Tamarixia triozae*, a parasitoid of *Bactericera cockerelli*. *BioControl* 60:27–35.
- Sulc, K. 1909. *Trioza cockerelli* N. sp. A novelty from North America, being also of economic importance. *Acta Societatis Entomologicae Bohemiae* 6:102–108.
- Tamayo-Mejía, F., P. Tamez-Guerra, A.W. Guzmán-Franco, R. Gómez-Flores, L.R. Cruz-Cota. 2014. Efficacy of entomopathogenic fungi (Hypocreales) for *Bactericera cockerelli* (Sulc.) (Hemiptera: Triozidae) control in the laboratory and field. *Southwestern Entomologist* 39:271–283.
- Teulon, D.A., Workman, P.J., Thomas K.L., Nielsen M.C. 2009. *Bactericera cockerelli*: incursion, dispersal and current distribution on vegetable crops in New Zealand. *Plant Protection* 62:136–144.

Entendiendo la mente del consumidor

Marco A. Palma¹

¹ Profesor, Depto. de Economía Agrícola, Texas A&M University. 2124 TAMU. College Station, Texas. 77843-2124. E-mail: mapalma@tamu.edu. Website: <http://hbl.tamu.edu>

Palabras clave: Comportamiento del consumidor, Eye-tracking, Neurociencia del consumidor

Resumen

El cerebro humano es una de las estructuras más complejas conocidas por el hombre. A pesar de que el cerebro solo representa el 2% del peso del cuerpo humano, utiliza 20% de la energía. El lóbulo frontal y en particular la corteza prefrontal (PFC) es una parte fundamental en la toma de decisiones. Ciertas regiones del cerebro como el Núcleo Accumbens (NAcc) de han vinculado con predicciones de compra (Knutson et al., 2007). La neuroeconomía y el neuromarketing investigan las funciones del cerebro y como se relacionan con modelos de predicción del comportamiento del consumidor.

Los datos neurofisiológicos pueden usarse en combinación con métodos de investigación tradicionales para mejorar el entendimiento de factores afectivos/emocionales que influyen en la toma de decisiones. Esto es importante para el sector agroindustrial, puesto que determina que alimentos los consumidores prefieren y estudia como estos se relacionan con su estado de salud, nutrición, y efectos en cuanto a enfermedades crónicas como la diabetes, y la obesidad.

¿Por qué es importante el mercadeo de alimentos? ¿Por qué los consumidores prefieren ciertas marcas que son asociadas con prestigio? Plassmann et al. (2008) demuestran en un experimento donde cambia el precio de la misma botella de vino que los consumidores utilizan otras características más allá de las características físicas y sensoriales que afectan como perciben la calidad y como disfrutan los alimentos. la importancia de la diferenciación de productos. En otro experimento, Palma, Ness y Anderson (2017) demuestra que un segmento de consumo ve a los alimentos como productos que pueden diferenciarse como un símbolo de status. El tener una producción de alimentos sostenible necesita un entendimiento de la mente del consumidor y del mercadeo.

Referencias

- Knutson, Brian, Scott Rick, G. Elliott Wi mmer, Drazen Prelec, and George Loewenstein. 2007. "Neural Predictors of Purchases." *Neuron* 53 (1):147-156. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2006.11.010>.
- Palma, Marco A., Meghan L. Ness, and David P. Anderson. 2017. Fashionable food: a latent class analysis of social status in food purchases." *Applied Economics* 49, no. 3:238-250.
- Plassmann, Hilke, John O'Doherty, Baba Shiv, and Antonio Rangel. 2008. Marketing actions can modulate neural representations of experienced pleasantness. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (3):1050-1054. DOI:10.1073/pnas.0706929105.

Potencial agroindustrial de la papa en Ecuador

Elena Villacrés¹

¹ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, Est. Exp. Santa Catalina, Depto. de Nutrición y Calidad de Alimentos. Quito, Ecuador. E-mail: elena.villacres@iniap.gob.ec

Palabras clave: Productos procesados, Frituras

RESUMEN

En los últimos años la estructura de la demanda de papa en Ecuador se ha modificado, con un crecimiento de productos procesados. Entre los fenómenos socioeconómicos más significativos detrás de este proceso están los cambios en los patrones de consumo y en el ritmo de vida, el acelerado crecimiento de la población urbana, la creciente incorporación de la mujer al mercado laboral formal, el aumento del turismo en el país, el auge en las comunicaciones (masivas) y la creciente influencia de la cultura occidental en el estilo de vida y los patrones de consumo.

Un estudio reciente señala que el volumen de papa destinada a la agroindustria alimentaria representa el 10% de la oferta disponible, en especial papa frita tipo chips, francesa, y en menor escala en otros productos como tortilla, puré, ensaladas, papa congelada. Estos cambios en la oferta y demanda de papa en la región han modificado los patrones de importación y exportación al incorporar nuevos productos y diversificar el intercambio comercial, tanto nacional como extranjero. En la actualidad la industria que recepta mayor demanda es la de fritura. Algunas empresas de procesamiento importan papa prefrita congelada. En 1995, el volumen de importación de este producto alcanzó 963 t, en especial de EE.UU. y Canadá. Otras empresas tienen su propio sistema de preparación, congelación y comercialización.

Para lograr una creciente participación de la papa en la agroindustria, se requiere desarrollar variedades con aptitud para el procesamiento como parte de un plan integrado que fortalezca la competitividad del sistema alimentario de este tubérculo. También es necesario realizar actividades e iniciativas que mejoren la producción, comercialización y transformación del cultivo, propiciando la colaboración en investigación por parte del sector público y privado y la promoción de políticas que impulsen la expansión de la infraestructura de los procesadores.

Riesgos climáticos y huella de carbono de los sistemas alimentarios andinos basados en papa

Andrea Enríquez P.¹

¹ Proyecto Papa, Familia y Clima, Inst. Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) –Centro Internacional de la Papa (CIP). E-mail: andrea.enriquez@iica.int

Palabras clave: Capacidad de adaptación, Huella de C, Riesgo climático, Sensibilidad, Vulnerabilidad

RESUMEN

A más de las dificultades usuales relacionadas con las plagas y enfermedades, los productores de papa enfrentan cada vez más a problemas abióticos. Tanto productores como investigadores reportan aumento del estrés hídrico, de cambios en la distribución e intensidad de las lluvias, de granizadas, de heladas y nevadas más constantes a altitudes elevadas. La frecuencia cada vez mayor de estos fenómenos climáticos extremos es interpretada, en general, como algo relacionado con el cambio climático (CC) (Pliska, 2008).

En Ecuador, el CC ha exacerbado la vulnerabilidad del país. Por un lado, en los Andes los efectos del CC impactan en los glaciares, lo cual ha generado una serie de alteraciones climáticas y eventos extremos. Por otro, en la región litoral se ha presentado una mayor ocurrencia del fenómeno El Niño (FEN), sequías, ascenso del nivel medio del mar, retroceso de la línea de costa, aumento de la temperatura del agua y acidificación (Primera NDC Ecuador, 2019). El CC afectará los diferentes sistemas de cultivo en distinta medida según las regiones (Pliska, 2008). La gestión del riesgo climático para la agricultura y la seguridad alimentaria y nutricional busca lograr sistemas productivos más resilientes a los impactos por desastres y, preservar la sostenibilidad de los recursos naturales y los servicios que ellos proveen (FAO, 2018).

El análisis de los riesgos climáticos en papa en sistemas productivos de las provincias Tungurahua y Chimborazo realizado por IICA en 2019 encontró que, en promedio, estos sistemas de producción se encuentran en un nivel de riesgo bajo para la amenaza helada y en un nivel moderado para las amenazas lluvias intensas y temperaturas extremas. La vulnerabilidad y sensibilidad promedio oscila entre los niveles moderado y alto; y, la capacidad adaptiva entre los niveles muy bajo y bajo (Enríquez y Escobar, 2019). Cualquier nivel de riesgo por más bajo que este sea requiere atención, más aún cuando las condiciones de vulnerabilidad y capacidad de adaptación son insuficientes para reducir o responder a las consecuencias de la exposición a esos riesgos, causando graves desastres y pérdidas (PNUD, 2007).

Si bien la agricultura es impactada por el CC, esta a su vez es responsable de la emisión de los tres principales gases de efecto invernadero (GEI): CO₂, N₂O y CH₄ (Benavides y León, 2007). La IPCC (2014) señala que el sector agrícola genera alrededor del 24% de las emisiones GEI a nivel global. Las emisiones totales de GEI en Ecuador en el año 2012 alcanzaron los 80 627,16 Gg de CO₂ eq, de los cuales el mayor aporte es generado por el sector Energía (46,63%), seguido del sector USCUS (25,35%) y el tercer lugar lo ocupa el sector Agricultura, con el 18,71% de los GEI emitidos a la atmósfera (MAE, 2017).

Los cambios en el uso del suelo contribuyen a la liberación de CO₂, N₂O y CH₄ (Benavides y León, 2007). El uso del suelo en actividades como la agricultura y la ganadería genera liberaciones adicionales por efecto de la erosión del suelo y la exposición. La atmósfera oxida el C del suelo, liberando más CO₂ a la atmósfera. La aplicación de fertilizantes nitrogenados conduce a la liberación de N₂O. El CH₄ es liberado del rumen de animales (vacas, cabras y ovejas) y del estiércol. También los incendios de bosques y pastizales contribuyen de manera significativa a las emisiones de GEI (Scherr y Sthapit, 2009).

Un estudio realizado en 2020 en Ecuador con familias productoras de Chimborazo y Tungurahua para la caracterización de la huella de C de sus sistemas de producción identificó como la principal actividad emisora de GEI a “los cambios en las reservas de C”, esto se debe a que gran mayoría de las fincas han transformado pastizales, bosques o páramos a tierras cultivables en los últimos 20 años. La segunda actividad más intensiva en la producción de emisiones es “la gestión de los residuos de cosecha”, debido

a que, en la mayoría de los sistemas, los residuos se dejan distribuidos en el campo sin tratar e inclusive un pequeño porcentaje de los productores queman estos residuos. El empleo de fertilizantes y plaguicidas, actividades que implican la introducción de insumos externos en la finca, son otras de las actividades más relevantes para las emisiones GEI de estos sistemas. Por último, hay 3 actividades emisoras menos importantes que las anteriores, pero que contribuyen en la emisión de gases: la producción de semillas, el uso de energía en campo y el transporte fuera de la granja (Enríquez, 2020).

La caracterización de la huella de C en la agricultura permite identificar las actividades clave y el potencial de reducción de emisiones en los sistemas productivos. Si se toman las medidas apropiadas, la agricultura puede reducir las emisiones de GEI y de esta forma contribuir a la mitigación del CC (Pliska, 2008). Tanto a nivel de adaptación como mitigación se recalca que las mejores estrategias son las específicas de cada contexto y dependen del sector en concreto y de los actores involucrados (FAO, 2018b).

BIBLIOGRAFÍA

- Benavides, H. y León, G. 2007. Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Trabajo no publicado, Inst. de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM. Subdirección de Meteorología. Bogotá, Colombia.
- Enríquez, A. y Escobar, J. 2019. Análisis del impacto del cambio climático en los territorios priorizados. Proyecto país Incidencia territorial para la incorporación de herramientas e instrumentos metodológicos para fomentar una agricultura climáticamente inteligente (Documento no publicado). Inst. Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Quito, Ecuador.
- Enríquez, A. 2020. Agricultura climáticamente inteligente para la conservación del recurso biológico *Solanum tuberosum* en los sistemas agroalimentarios alto-andinos basados en papa”. Caso: CONPAPA Tungurahua-Chimborazo [Tesis de maestría, Univ. Técnica del Norte – UTN]. Repositorio Institucional. Ibarra, Ecuador.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático – IPCC. 2014. Resumen para responsables de políticas. *En: Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático. Contribución del Grupo de trabajo III al Quinto Informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel y J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE.UU.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador – MAE. 2017. Tercera comunicación nacional del Ecuador sobre cambio climático. Quito, Ecuador.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. 2018. Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe (gestión del riesgo de desastres en el sector agrícola). Santiago, Chile (en línea). Disponible en: <http://www.fao.org/3/l8014ES/i8014es.pdf>. (Consultado abril 2021).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. 2018b. Libro de consulta sobre la agricultura climáticamente inteligente. Resumen de la 2^{da} Ed. Roma, Italia.
- Pliska, T. 2008. La papa y el cambio climático. Info Resources Focus, No 1/08 (en línea). Disponible en: https://web.inforesources.bfh.science/pdf/focus08_1_s.pdf.
- Primera Contribución Determinada a Nivel Nacional para el Acuerdo de París Bajo la Convención Marco de Naciones Unidas Sobre Cambio Climático. República del Ecuador. Marzo, 2019.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD. 2007. Gestión del riesgo climático. Buró de prevención de crisis y recuperación, buró de políticas de desarrollo, grupo de energía y medio ambiente. (en línea). Disponible en: <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis%20prevention/disaster/Reduccion-Gestion%20del%20Riesgo%20Climatico.pdf> (Consultado marzo 2021).
- Scherr, S.J. y Sthapit, S. 2009. Worldwatch Report 179, Mitigating Climate Change. Washington, D.C.: Worldwatch Institute.

Caja de herramientas para trabajar con sistemas de semillas de raíces, tubérculos y bananos

Jorge Andrade-Piedra¹, Karen A. Garrett², Conny Almekinders³, Margaret McEwan⁴, Fleur Kilwinger³, Sarah Mayanja⁵, Lucy Mulugo⁶, Erik Delaquis⁷, Israel Navarrete⁸, Aman Bonaventure Omondi⁹, Srinivasulu Rajendran⁵ y P. Lava Kumar¹⁰

- ¹ Centro Internacional de la Papa (CIP), Programa de Investigación del CGIAR en Raíces, Tubérculos y Bananos (RTB), Lima, Perú. E-mail: j.andrade@cgiar.org
- ² Univ. de Florida, Gainesville, Florida, EEUU
- ³ Univ. y Centro de Investigación Wageningen (WUR), Wageningen, Holanda
- ⁴ CIP, RTB, Nairobi, Kenia
- ⁵ CIP, RTB, Kampala, Uganda
- ⁶ Univ. de Makerere, Kampala, Uganda
- ⁷ Alianza Bioversity-CIAT, Vientiane, República Democrática Popular Lao
- ⁸ CIP, RTB, Quito, Ecuador
- ⁹ Alianza Bioversity-CIAT, Cotonou, Benin
- ¹⁰ Inst. Internacional de Agricultura Tropical (IITA), Ibadan, Nigeria

Palabras clave: Banano, Camote, Material de siembra, Ñame, Papa, Plátano, Semilla, Yuca

RESUMEN

Los cultivos de raíces, tubérculos y bananos (RT&B) juegan un papel fundamental en la seguridad alimentaria. Son cultivos de propagación vegetativa (VPC) que enfrentan varios desafíos en sus sistemas de semillas: semilla de baja calidad de las variedades existentes, bajas tasas de adopción de variedades mejoradas y lenta rotación de variedades, lo que limita la productividad y la capacidad de los agricultores para adaptarse a nuevas amenazas y aprovechar oportunidades. Abordar estos desafíos requiere primero identificar las principales brechas de conocimiento sobre sistemas de semillas: (1) capturar las características de la demanda de semilla de diferentes tipos de agricultores; (2) identificar vías de suministro de semillas efectivas; (3) asegurar la salud de las semillas y detener la propagación de enfermedades; y (4) diseñar políticas y regulaciones efectivas. La nueva *Caja de Herramientas para Trabajar con Sistemas de Semillas de RT&B* presenta un conjunto de 11 herramientas y un glosario para abordar estas brechas de conocimiento. Las herramientas se han aplicado en 10 cultivos y 26 países de África, América Central y del Sur para un total de 74 aplicaciones. El equipo que desarrolló la caja de herramientas está trabajando de forma activa para diseminar su uso en RT&B y en otros cultivos.

INTRODUCCIÓN

La semilla de calidad (sana, con un estado fisiológico adecuado, en buenas condiciones físicas y de una variedad adecuada (Bentley et al., 2018) es la base de la producción agrícola. Los cultivos de raíces, tubérculos y bananos (RT&B) son la columna vertebral de la seguridad alimentaria en las regiones tropicales y subtropicales en países en desarrollo. Los bananos (incluidos los plátanos), la yuca, la papa, el camote y el ñame son cultivos de propagación vegetativa (CPV) y, como tales, su material de siembra o *semilla* (cormos, tallos, tubérculos, esquejes, raíces) es voluminoso, perecedero, propenso a degeneración y tiene bajas tasas de multiplicación (Bentley et al., 2018). La mayoría de los agricultores utilizan semillas de cosechas anteriores, intercambian semillas con familiares y amigos, o compran semillas de comerciantes informales, con poco o ningún acceso a semillas certificadas y variedades mejoradas (Sperling et al., 2020).

La investigación sobre sistemas de semillas se ha centrado de forma tradicional en cultivos de propagación sexual, mientras que para los CPV persisten desafíos y brechas de conocimiento. En términos de desafíos,

el primero es la semilla de mala calidad que limita la capacidad productiva de variedades existentes (ver Harahagazwe et al., 2018, para el caso de papa). El segundo desafío es la baja adopción de variedades mejoradas, y el tercer desafío es la lenta rotación varietal (ver por ejemplo Walker et al., 2015, para el caso de África Subsahariana). La combinación de semillas de mala calidad, bajas tasas de adopción y lenta rotación de variedades afecta los medios de vida de los agricultores, porque, en primer lugar, se reduce la capacidad de rendimiento y, en segundo lugar, los agricultores no pueden aprovechar la ganancia genética obtenida por los fitomejoradores. En términos de brechas de conocimiento, se han identificado las siguientes: (1) capturar las características de la demanda de semilla diferentes tipos de agricultores; (2) identificar vías de suministro de semillas efectivas; (3) asegurar la sanidad de las semillas y detener la propagación de enfermedades; y (4) diseñar políticas y regulaciones efectivas (McEwan et al., 2021).

En este resumen presentamos la *Caja de Herramientas para Trabajar con Sistemas de Semillas de RT&B* (conocida como 'la caja de herramientas'), una colección de métodos, modelos, enfoques y tecnologías de la información y la comunicación (herramientas) que en conjunto ofrecen un enfoque sistemático para enfrentar los desafíos a los que se enfrentan las RT&B y llenar las brechas de conocimiento que impiden mejorar sus sistemas de semillas.

MÉTODOS

La caja de herramientas fue creada por la Comunidad de Práctica de Sistemas de Semilla del Programa de Investigación del CGIAR en Raíces, Tubérculos y Bananos (RTB) integrada por más de 50 científicos biofísicos y sociales. Desde 2012, este grupo ha diseñado y validado las herramientas en África, Asia y América Latina. La mayoría de las herramientas se adaptaron de otros cultivos o de otros campos de estudio y, por lo general, se desarrollaron para un cultivo y luego se adaptaron para los demás. Las herramientas integran estrategias de género tanto como sea posible para permitir a los usuarios explorar diferentes intereses, preferencias, oportunidades y limitaciones para diferentes categorías de usuarios, géneros y grupos sociales. La documentación de cada herramienta incluye un artículo científico revisado por pares que analiza cómo se creó o adaptó y validó la herramienta, una guía del usuario, una hoja de descripción, materiales de comunicación y software (si corresponde), todos disponibles en <https://tools4seedsystems.org/> (Andrade-Piedra et al., 2020).

RESULTADOS

La caja de herramientas incluye 11 herramientas biofísicas y socioeconómicas y un glosario, cada una con un propósito particular, para abordar brechas de conocimiento específicas (Tabla 1). El objetivo general de la caja de herramientas depende del usuario: investigadores con el objetivo de estudiar sistemas de semillas; formuladores de políticas con el objetivo de desarrollar, fortalecer y apoyar los sistemas de semillas; profesionales con el objetivo de diseñar, implementar y evaluar proyectos de sistemas de semillas; y fitomejoradores que definen perfiles de producto y de cliente (Andrade-Piedra et al., 2020).

Las herramientas se han aplicado en 10 cultivos y 26 países para un total de 74 aplicaciones. En cuanto a cultivos, la yuca tiene el mayor número de aplicaciones (23), seguida del camote (18), la papa (16), el banano (9) y el ñame (2). En términos de países, las herramientas se han aplicado en 15 países de África, siete en Asia y cuatro en América Central y del Sur. Los países con más aplicaciones son: Kenia y Uganda (6 aplicaciones cada uno), Tanzania (5) y Etiopía, Nigeria y Vietnam (4 cada uno). En términos de herramientas, las herramientas con mayor número de aplicaciones son MSF (ver abreviaciones en Tabla 1) (25 aplicaciones), SEGSBAT (11), INA (10) y STg (6).

Algunos ejemplos de resultados obtenidos al usar estas herramientas incluyen el uso de ST (Tabla 1) para ayudar a productores y reguladores a rastrear la producción y comercialización de semillas de ñame y yuca en Nigeria y Tanzania (www.seedtracker.org/cassava), y el uso de FSM para comprender la necesidad de conservación de variedades de banano en Uganda (Kilwinger et al., 2019). Las herramientas también pueden ser efectivas en combinaciones. Por ejemplo, en la República de Georgia la combinación de MSF,

INA e ISH proporcionó orientación para el establecimiento de un nuevo sistema de semillas de papa, que incluye un mejor manejo de semillas en la finca, resistencia a enfermedades y mejores estrategias fitosanitarias (Andersen Onofre et al., 2021). En el sudeste asiático, la combinación de INA, ISH y STg generó una nueva comprensión de las redes de comercio de semillas de yuca y las implicaciones de su estructura, lo que guio el suministro de semillas de calidad para manejar la enfermedad del mosaico de la yuca (Delaquis et al., 2018). En Tanzania, la combinación de MSF e ISH brindó una visión rápida de los desafíos del sistema de semillas de camote y el potencial de nuevas estrategias de manejo de enfermedades para brindar beneficios económicos a los productores (Ogero et al., 2019).

DISCUSIÓN

Reunir las herramientas en una caja las hizo más accesibles, proporcionó una estructura intuitiva para los usuarios y ayudó a aclarar cuáles herramientas y combinaciones de éstas son más útiles para abordar diferentes tipos de brechas de conocimientos. La estructura modular con herramientas validadas también inspiró confianza y aumentó el valor de los resultados obtenidos en cultivos y localidades específicas. Otras cajas de herramientas e iniciativas similares incluyen *Seed System* (<https://seedssystem.org/>), *Bioversity International's Resource Box for Resilient Seed Systems* (<http://www.seedsresourcebox.org/>), *Seeds for Needs* (<https://www.bioversityinternational.org/seeds-for-needs/>), *Integrated Seed Sector Development* (<https://issdseed.org/>) y *SeedSAT* (<https://seedsat.org/>). Sin embargo, la caja de herramientas que se presenta en este resumen (<https://tools4seedsystems.org/>) es única en su amplitud de cobertura de temas y disciplinas, su enfoque en las necesidades específicas de los principales CPV y su profundidad de revisión por pares y validación científica en contextos del mundo real.

Si bien al inicio las herramientas se han aplicado a RT&B, y estos a menudo presentan desafíos particulares para el desarrollo del sistema de semillas, las herramientas también están listas para una aplicación más amplia a granos, legumbres, frutas y verduras, así como a nuevos VPC. Ejemplos de esto son las aplicaciones de MSF en tef (*Eragrostis tef*) y trigo en Etiopía (Mulesa et al., 2021), de INA en mango en Haití (Fayette et al., 2021) y de FSM en especies forestales en Malasia (Aini et al., 2017).

Para caracterizar a las instituciones que podrían utilizar la caja de herramientas, estamos realizando un análisis del paisaje de los sistemas de semillas, centrando en el África Subsahariana (Cox et al., 2021). En paralelo estamos implementando una estrategia de comunicación dirigida a diferentes públicos, con video, infografías y materiales dirigidos a redes sociales para apoyar el uso de la caja de herramientas. Este proceso nos está ayudando a identificar nuevos socios, redes y tipos de colaboraciones para respaldar el proceso de diseminación de la caja de herramientas.

Tabla 1. Las once herramientas y el glosario de la Caja de Herramientas para Trabajar con Sistemas de Semillas de RT&B, el propósito de cada una y las brechas de conocimiento en sistemas de semillas que abordan.

| Herramienta | Propósito | Brechas de conocimiento en sistemas de semilla [^] | | | |
|--|---|---|------------------|---------------|-----------------|
| | | 1: Demanda | 2: Suministro | 3: Sanidad | 4: Políticas |
| <i>Multi-stakeholder framework (MSF)</i> | Identificar partes interesadas, fallas de coordinación, cuellos de botella. Evaluación rápida de la disponibilidad, el acceso y la calidad de las semillas. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Impact network analysis (INA)</i> | Evaluar los resultados probables del sistema de semillas actual y las posibles intervenciones en él mediante análisis de escenarios. | | ✓ | ✓ | ✓ |
| <i>Seed Tracker (ST)</i> | Organizar la información para permitir la producción de semillas | | ✓ | ✓ | ✓ |

| Herramienta | Propósito | Brechas de conocimiento en sistemas de semilla [^] | | | |
|---|---|---|------------------|---------------|-----------------|
| | | 1: Demanda | 2: Suministro | 3: Sanidad | 4: Políticas |
| | de calidad, la certificación, los vínculos con el mercado y la integración de la cadena de valor de las semillas. | | | | |
| <i>Integrated seed health (ISH) approaches and models</i> | Evaluar el efecto del uso potencial de semillas formales, resistencia a enfermedades y manejo de semilla. | | | ✓ | ✓ |
| <i>Seed tracing (STg)</i> | Mapear partes del sistema de semillas, como el volumen de semillas distribuidas, los tipos de transacciones o los tipos de variedades. | | ✓ | | |
| <i>Small N exploratory case study (SN)</i> | Comprender el uso de semillas por parte de los agricultores | ✓ | ✓ | | |
| <i>Four-square method (FSM)</i> | Caracterizar la diversidad y el uso de semillas y variedades. | ✓ | ✓ | | |
| <i>Means-end chain analysis (MEC)</i> | Comprender las motivaciones de los agricultores para preferir ciertos tipos y fuentes de semillas, y los beneficios esperados. | ✓ | ✓ | | |
| <i>Experimental auctions (EA)</i> | Estimar <i>willingness to pay (WTP)</i> y <i>willingness to accept (WTA)</i> de las personas que comercian semilla. | ✓ | | | ✓ |
| <i>Seed regulatory framework analysis (SRFA)</i> | Analizar los marcos regulatorios de semillas y las implicaciones para los cultivos de propagación vegetativa desde diferentes perspectivas de las partes interesadas. | | | ✓ | ✓ |
| <i>Sustainable early generation seed business analysis tool (SEGSBAT)</i> | Preparar un plan de negocios y analizar la sostenibilidad financiera de una empresa de semillas. | ✓ | ✓ | | |
| Glosario de sistemas de semillas de RT&B | Cita literatura publicada para definir y explicar términos importantes en la investigación y el desarrollo de sistemas de semillas. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

[^] Brechas de conocimiento en sistemas de semilla de RT&B: (1) capturar las características de la demanda de semilla diferentes tipos de agricultores; (2) identificar vías de suministro de semillas efectivas; (3) asegurar la sanidad de las semillas y detener la propagación de enfermedades; y (4) diseñar políticas y regulaciones efectivas (McEwan et al., 2021).

BIBLIOGRAFÍA

- Aini, M.F., Elias, M., Lamers, H., Shariah, U., Brooke, P., and Hafizul, H.M. 2017. Evaluating the usefulness and ease of use of participatory tools for forestry and livelihoods research in Sarawak, Malaysia. *Forests, Trees and Livelihoods*, 26(1),29–46. <https://doi.org/10.1080/14728028.2016.1246213>
- Andersen Onofre, K.F., G.A. Forbes, J. L. Andrade-Piedra, C.E. Buddenhagen, J. Fulton, M. Gatto, Z. Khidesheli, R. Mdivani, Y. Xing and Garrett, K.A. 2021. An integrated seed health strategy and phytosanitary risk assessment: Potato in the Republic of Georgia. *Agricultural Systems* 191 <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103144>
- Andrade-Piedra, J.L., Almekinders, C.J.M., McEwan, M.A., Kilwinger, F.B.M., Mayanja, S., Mulugo, L., Delaquis, E., Garrett, K.A., Omondi, A.B., Rajendran, S., Kumar, P.L. and Thiele, G. 2020. User guide to the toolbox for working with root, tuber and banana seed systems. Lima (Peru). CGIAR Research Program on Roots, Tubers and Bananas (RTB). RTB User Guide. No.2020-1. <https://doi.org/10.4160/9789290605577>
- Bentley, J.W., Andrade-Piedra, J., Demo, P., Dzomeku, B., Jacobsen, K., Kikulwe, E., Kromann, P., Kumar, P.L., McEwan, M., Mudege, N., Ogero, K., Okechukwu, R., Orrego, R., Ospina, B., Sperling, L., Walsh, S. and Thiele, G. 2018. Understanding root, tuber, and banana seed systems and coordination breakdown: a multi-stakeholder framework. *J. of Crop Improvement* 32:599–621. <https://doi.org/10.1080/15427528.2018.1476998>
- Cox, C.M., Weinrich, E.S., Xing, Y., Andrade-Piedra, J.L, McEwan, M., Almekinders, C.J.M. and Garrett, K.A. 2021. A landscape analysis of seed system stakeholders in Sub-Saharan Africa. In preparation.
- Delaquis, E., Andersen, K.F., Minato, N., Cu, T.T.L., Karssenber, M.E., Sok, S., and de Haan, S. 2018. Raising the stakes: cassava seed networks at multiple scales in Cambodia and Vietnam. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2:73. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00073>
- Fayette, J. 2021. Geographic risk analysis of emerging mango pests and diseases in Haiti and the Caribbean. In preparation.
- Harahagazwe, D., Condori, B., Barreda, C., Bararyenya, A., Byarugaba, A.A., Kude, D.A. 2018. How big is the potato (*Solanum tuberosum* L.) yield gap in Sub-Saharan Africa and why? A participatory approach. *Open Agriculture*. 3:180–189. <https://doi.org/10.1515/opag-2018-0019>
- Kilwinger, F.B.M., A.M. Rietveld, J.C.J. Groot, and C.J.M Almekinders. 2019. Culturally embedded practices of managing banana diversity and planting material in central Uganda. *J. of Crop Improvement* 33(4):456-477. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15427528.2019.1610822>
- McEwan, M.A., Almekinders, C. J.M., Andrade-Piedra, J.L., Delaquis, E., Garrett, K.A., Kumar, L., Mayanja, S., Omondi, B.A., Rajendran, S., and Thiele, G. 2021. Breaking through the 40% adoption ceiling: Mind the seed system gaps. A perspective on seed systems research for development in One CGIAR. *Outlook on Agriculture* <https://doi.org/10.1177/0030727021989346>
- Mulesa, T.H., Dalle, S.P., Makate, C., Haug, R., and Westengen, O.T. 2021. Pluralistic seed system development: A path to seed security? *Agronomy* 11(2):372. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020372>
- Ogero, K., Kreuze, J., McEwan, M. A., Luambano, N., Bachwenkizi, H., Garrett, K., Andersen, K., Thomas-Sharma, S., and Van der Vlugt, R. 2019. Efficiency of insect-proof net tunnels in reducing virus-related seed degeneration in sweet potato. *Plant Pathology*, 68, 1472-1480. <https://doi.org/10.1111/ppa.13069>
- Sperling, L., Gallagher, P., McGuire, S., March, J. and Templer, N. 2020. Informal Seed Traders: The Backbone of Seed Business and African Smallholder Seed Supply. *Sustainability* 12, 7074. <https://doi.org/10.3390/su12177074>
- Walker, T.S., J. Alwang, A. Alene, J. Ndujenga, R. Labarta, Y. Yigezu, A. Diagne, R. Andrade, R. Muthoni, Andriatsitohaina, H. De Groote, K. Mausch, C. Yirga, F. Simtowe, E. Katungi, W. Jogo, M. Jaleta, S. Pandey and D. Kumara Charyulu. 2015. Varietal adoption, outcomes and impact. pp. 388-405. *In: T.S. Walker and J. Alwang (eds.). Crop Improvement, Adoption, and Impact of Improved Varieties in Food Crops in Sub-Saharan Africa. CGIAR Consortium of International Agricultural Research Centers and CAB International. ISBN-13:978 1 78064 401 1 (CABI)*

Degeneración de semilla de papa: condiciones agroecológicas, manejo y agricultores

Israel Navarrete^{1,2,3,4}, Conny J.M. Almekinders^{3,4}, Victoria López⁵, Ross Borja⁶, Pedro Oyarzún⁶, Klever Quimbilco⁷, Jorge L. Andrade-Piedra^{4,8} y Paul C. Struik²

- ¹ Centro Internacional de la Papa – CIP, Quito, Ecuador. E-mail: israel.navarretecueva@wur.nl
- ² Centro para el Análisis de sistemas de cultivos, Univ. de Wageningen, Holanda.
- ³ Conocimiento, Tecnología e Innovación, Univ. de Wageningen, Holanda.
- ⁴ Programa de Investigación del CGIAR en Raíces, Tubérculos y Bananas, Lima, Perú.
- ⁵ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Est. Exp. Santa Catalina, Quito, Ecuador.
- ⁶ EkoRural, Quito, Ecuador.
- ⁷ Univ. Técnica de Cotopaxi – UTC, Latacunga, Ecuador
- ⁸ Centro Internacional de la Papa – CIP, Lima, Perú

Palabras clave: Acción colectiva, Áreas de manejo eficiente de epidemias, Conocimiento local

INTRODUCCIÓN

La degeneración de semilla en papas es el proceso de acumulación de enfermedades y plagas en la semilla de papa cuando esta se propaga de forma vegetativa continuada y la consiguiente reducción de rendimiento y calidad (Struik y Wiersema, 1999). En países en desarrollo la degeneración es una de las principales causas para los bajos rendimientos (Thomas-Sharma et al., 2016). Sin embargo, en estos países, poco se conoce cómo las condiciones agroecológicas, el manejo de los agricultores, el conocimiento y las respuestas de diferentes actores afectan a la degeneración. Así, la presente investigación tuvo como objetivos entender la relación entre la degeneración de semillas y: (1) las condiciones agroecológicas, (2) el manejo de los agricultores, y (3) el conocimiento de los agricultores y sus respuestas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el objetivo 1, se plantaron lotes experimentales (49 m²) de Superchola a tres altitudes (< 3000, a 3000, y sobre 3000 m.s.n.m) desde el 2013 hasta 2016 en Pichincha. En cada cosecha, se seleccionó semilla para el siguiente ciclo, emulando el proceso de degeneración durante 3 ciclos. En cada cosecha, también, se seleccionaron 75 tubérculos y se evaluó de forma inusual la incidencia de plagas y enfermedades y mediante DAS-ELISA la incidencia de virus. Mediante un estudio observacional, se evaluó el efecto de las condiciones agroecológicas (e.g., temperatura, diversidad de cultivos) sobre la degeneración en lotes de semilla de agricultores. Así, se muestrearon lotes de semilla de 260 agricultores (10 tubérculos por agricultor) en Cotopaxi en el 2018.

La incidencia de plagas y enfermedades -incluyendo virus- fue evaluada como se describió antes. Además, los agricultores fueron encuestados acerca del manejo de su semilla. Para el objetivo 2 se usaron dos bases de datos con información acerca del manejo de semilla de los agricultores y su productividad en Cotopaxi. La primera base de datos fue colectada en el 2008 y 2010 y tenía información de 117 agricultores. La segunda base de datos fue de las encuestas realizadas en el 2018. La influencia del manejo de semilla sobre la degeneración se determinó mediante regresiones jerárquicas y de árboles de decisión (Paul y Munkvold, 2004; Zuur et al., 2009). Para el objetivo 3, se entrevistó a 20 agricultores en la provincia de Cotopaxi en enero del 2019, y se entrevistó por teléfono a 52 agricultores de julio a septiembre 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del objetivo 1 mostraron que la degeneración causada por virus y otros patógenos en altitudes por debajo de los 3000 msnm En los lotes de semilla de los agricultores se observó que el tipo de

agroecología (entrevalles y zona de montaña) y el número de ciclos que los agricultores propagan su semilla no explicaron la variabilidad de enfermedades y plagas. Estos resultados sugieren que el manejo de los agricultores está jugando un rol importante en la degeneración en la provincia de Cotopaxi.

Los resultados de la regresión de árboles de decisión del objetivo 2 mostraron que las prácticas locales que afectan a la degeneración fueron: (1) uso de semilla que proviene de un lote plantado a una altitud diferente en el ciclo anterior, (2) recibir papa como *regalo*, (3) la selección de semilla dependiendo del precio de la papa de consumo, (4) ciclos de propagación vegetativa, (5) número de siembras en el mismo lote, (6) separación de semilla de la *ración*, y (7) el tiempo de descanso de lotes de papa ($p < 0.05$).

Estos resultados sugieren la importancia de entender como los agricultores manejan su semilla para identificar oportunidades para manejar la degeneración. Los resultados del objetivo 3 mostraron que los agricultores observan a la degeneración como la baja producción, el cambio de la apariencia de la semilla, la necesidad de incrementar insumos agrícolas, y la sensibilidad del cultivo a otras enfermedades y plagas. Al observar degeneración, los agricultores reemplazan su semilla o el cultivo, incrementan el uso de insumos agrícolas y buscan apoyo técnico. Aunque no es nuevo, estos resultados nos hacen una llamada a valorar el conocimiento de los agricultores y como ellos responden a la degeneración de semilla.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación sugieren que la degeneración de semilla depende de las condiciones agroecológicas, el manejo de los agricultores, y del conocimiento y respuestas de los agricultores. Se espera que estos resultados faciliten una discusión para mejorar intervenciones de semilla y el manejo de enfermedades y plagas que causan degeneración semilla.

BIBLIOGRAFÍA

- Paul, P.A., and Munkvold, G.P. 2004. A model-based approach to preplanting risk assessment for gray leaf spot of maize. *Phytopathology*, 94(12), 1350-1357. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.12.1350>
- Struik, P.C., and Wiersema, S.G. 1999. Seed potato technology. Wageningen Academic Pub.
- Thomas-Sharma, S., Abdurahman, A., Ali, S., Andrade-Piedra, J.L., Bao, S., Charkowski, A.O., Crook, D., Kadian, M., Kromann, P., Struik, P.C., Torrance, L., Garrett, K.A., and Forbes, G.A. 2016. Seed degeneration in potato: The need for an integrated seed health strategy to mitigate the problem in developing countries. *Plant Pathology*, 65(1), 3–16. <https://doi.org/10.1111/ppa.12439>
- Zuur, A., Ieno, E.N., Walker, N., Saveliev, A.A., and Smith, G.M. 2009. mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer Science and Business Media.

Agricultura de ahorro de agua en el cultivo de papa

David A. Ramírez¹

¹ Centro Internacional de la Papa – CIP. E-mail: d.ramirez@cgiar.org

Palabras clave: Ecofisiología de cultivos, Estrés hídrico, Manejo de agua, Modelación

RESUMEN

El 70% de agua dulce del mundo es utilizado en la agricultura, y para 2050 se pronostica que el consumo de este recurso se incrementará entre 2.5 a 3 veces el consumo actual (Lal, 2013) debido a la necesidad de cultivar más alimentos para más personas. Este reto, no obstante, se dificulta con la reducción de la disponibilidad de agua promovida por eventos extremos (sequías e inundaciones) los cuales se están incrementando por el cambio climático (CC) en la región latinoamericana (IPCC, 2014). Cultivos de importancia alimentaria mundial y con alta susceptibilidad a las sequías como la papa (Hill et al., 2021) se verán afectados por los desafíos mencionados. Bajo este contexto el Centro Internacional de la Papa (CIP) ha venido trabajando en tecnologías que permitan adaptarnos al CC relacionadas con la optimización del uso del agua a través de su manejo y detección temprana de estrés y herramientas de modelación que se presentan en esta ponencia.

Con relación al manejo del agua, el desecado parcial de raíces (PRD, del inglés “Partial Root-zone Drying”) es una técnica que consiste en la alternancia del riego de un surco a otro en diferentes campañas de riego. En una fecha se riega un surco, el mismo que es dejado secar en la siguiente fecha de riego irrigando el que no se regó de forma previa. Se ha podido demostrar que entre 29 y 50% del agua en comparación con el control (Liu et al., 2006; Shahnazari et al., 2007; Jovanovic et al., 2010; Xie et al., 2012; Yactayo et al., 2013) es factible de ahorrar utilizando esta técnica en papa. El uso de sifones incrementa la eficiencia en la entrega del agua al surco, y a su vez se ha visto que aumenta la efectividad de la técnica para ahorrar agua sin reducir la productividad de la papa (Yactayo et al., 2017).

Hay estudios que sugieren incluso que la calidad del tubérculo puede ser mejorada utilizando PRD (Jovanovic et al., 2010; Shahnazari et al., 2007), y nuestras mediciones de huella de C indican que esta técnica es más económica y amigable con el ambiente que el riego tecnificado (Qin et al., 2018). En papa se ha estudiado que el someter a las plantas a un estrés medio de agua puede mejorar su respuesta a futuros eventos de restricción hídrica en el mismo ciclo (memoria a corto plazo al estrés hídrico, e.g. Vasquez-Robinet et al., 2008), y en subsiguientes ciclos de vida (memoria a largo plazo al estrés hídrico, e.g. Ramírez et al., 2015a). Este efecto memoria al estrés hídrico, es el que sugerimos es el responsable de que los tratamientos tempranos de restricción hídrica en el PRD tengan mejores resultados con relación a los tratamientos tardíos (Yactayo et al., 2013). No obstante, esto aún es un campo que invita a ser explorado a futuro.

La detección temprana de estrés hídrico ha permitido el poder crear herramientas de soporte de decisión para determinar cuándo regar a través de cámaras con sensores infrarrojos en papa (Prashar et al., 2013; Rudet et al., 2014, Ramírez et al., 2016; Rinza et al., 2019, Cucho-Padin et al., 2020). Dichos sensores nos permiten evaluar la temperatura del follaje, la misma que está asociada a si los poros o estomas de las hojas se encuentran abiertos (mayor transpiración ocasionando menor temperatura por refrigeración) o cerrados (menor transpiración y consecuente incremento de temperatura). Dicha tecnología de procesamiento de imágenes termales generadas desde el CIP está siendo puesta a disposición de la comunidad científica en acceso abierto (Cucho-Padin et al., 2020), incluyéndose la posibilidad de la adquisición de imágenes a través de telefonía celular (Cucho-Padin et al., 2019).

El uso del estrés hídrico del cultivo (CWSI, del inglés “Crop Water Stress Index”), que toma como base la temperatura del follaje en relación con otras temperaturas (ver detalles en Rinza et al., 2019), teniendo

como umbral de riego un CWSI < 0.4, ha permitido el ahorro de hasta 342-516 m³ha⁻¹ sin reducir de forma significativa la productividad del cultivo. Dicho umbral de riego, que depende del tipo de riego (goteo versus gravedad) y la eco fisiología (a través del estudio de la fotosíntesis utilizando isotopos estables de C (Ramírez et al., 2015b), nos está ayudando a conocer que bajo riego por gravedad la papa es capaz de activar mecanismos de memoria permitiendo el uso de umbrales más exigentes de riego en relación con el riego por goteo (Silva-Díaz et al., 2020a). Esto nos invita a seguir explorando métodos de manejo del agua más económicos y amigables con el ambiente a través del estudio de la respuesta eco fisiológica del cultivo.

La literatura científica reciente en modelación remarca la importancia de lograr modelos matemáticos más sencillos para la simulación (Zhao et al., 2019), algo que también desde el CIP se ha podido remarcar y demostrar que es factible de hacer en papa (Quiroz et al., 2017). El modelo SOLANUM es un modelo que pertenece a la familia de los modelos de eficiencia de uso de luz, y es un modelo eco fisiológico sencillo que ha sido usado para simular rendimiento ante condiciones potenciales, restricción hídrica y condiciones de bajas temperaturas (Condori et al., 2010; 2014; Carli et al., 2014; Quiroz et al., 2017). Dicho modelo posee una herramienta llamada “el calculador de parámetro” que permite estimar los parámetros relacionados a la dinámica temporal de captación de luz y llenado de tubérculo sin necesidad de llevar a cabo ensayos específicos de calibración del modelo (e.g. Harahagazwe et al., 2018).

La conjugación de saber experto y la modelación es un excelente ejemplo de manejo del conocimiento que junto a los escenarios climáticos nos permiten explorar comportamientos de los genotipos de papa a futuro. Otro avance importante de remarcar es la incorporación de las señales asociadas a diferentes longitudes de onda adquiridas por sensores tanto de reflectancia (asociadas al rojo y rojo lejano y su combinación en el índice de vegetación de diferencia normalizada -NDVI) como de emisión termal. El NDVI resume muy bien la conformación del follaje, la biomasa y el verdor, dando estupendos resultados cuando es utilizado en SOLANUM para simular la dinámica temporal del follaje y su intercepción de luz (Quiroz et al., 2017). La adquisición de NDVI a través de vehículos aéreos no tripulados y su incorporación en la modelación con SOLANUM nos ha permitido conocer que aún queda por hacer en el mejoramiento genético para lograr genotipos de papas más eficientes en el uso de la intercepción y uso de la luz (Silva-Díaz et al., 2020b).

La mejora y disponibilidad de imágenes satelitales y su uso en el campo agrícola relacionado a las estadísticas agrarias, sistema de soportes de decisión para el manejo de cultivos, entre otras, está siendo remarcado por la literatura reciente (Segarra et al., 2020). Esto en conjunción con modelos de predicción climática, permite crear modelos espaciales para simular rendimiento, pero, sobre todo, el poder recomendar fechas de siembra óptimas para los cultivos (e.g. Bannayan et al., 2013; Tang et al., 2018; Baum et al., 2020). Esta es una línea a futuro de alta necesidad para la producción de papa que según algunos estudios permitiría incluso la posibilidad de incrementar rendimientos de papa ante escenarios de CC (Jennings et al., 2020), y que cobra especial importancia teniendo en cuenta la dominancia de agricultura en secano en nuestra región Andina.

BIBLIOGRAFÍA

- Bannayan, M.; Rezaei, E.E.; Hoogenboom, G. 2013. Determining optimum planting dates for rainfed wheat using the precipitation uncertainty model and adjusted crop evapotranspiration. *Agricultural water management*. 126, 56-63.
- Baum, M.E.; Licht, M.A.; Huber, I.; Archontoulis, S.V. 2020. Impacts of climate change on the optimum planting date of different maize cultivars in the central US Corn Belt. *European J. Agron.* 119:126101.
- Carli, C.; Yuldashev, F.; Khalikov, D.; Condori, B.; Mares, V.; Monneveux, P. 2014. Effect of Different Irrigation Regimes on Yield, Water Use Efficiency and Quality of Potato (*Solanum tuberosum* L.) in the Lowlands of Tashkent, Uzbekistan: A Field and Modeling Perspective. *Field Crops Res.* 163:90–99.
- Condori, B.; Hijmans, R.J.; Quiroz, R.; Ledent, J.F. 2010. Quantifying the Expression of Potato Genetic Diversity in the High Andes through Growth Analysis and Modeling. *Field Crops Res.* 119:135–144.
- Condori, B.; Hijmans, R.J.; Ledent, J.F.; Quiroz, R. 2014. Managing potato biodiversity to cope with frost risk in the high Andes: A Modeling Perspective. *PLoS ONE.* 9, 3.

- Cucho-Padin, G.; Rinza, J.; Ninanya, J.; Ramirez, D. A. 2019. Thermal images processor for android phones, TIPCIP V1.0. <https://doi.org/10.21223/V7ON5T>, International Potato Center.
- Cucho-Padin, G.; Rinza, J.; Ninanya, J.; Loayza, H.; Quiroz, R.; Ramírez, D.A. 2020. Development of an open-source thermal image processing software for improving irrigation management in potato crops (*Solanum tuberosum* L.). *Sensors* 20(2):472.
- Harahagazwe, D.; Condori, B.; Barreda, C.; Bararyenya, A.; Byarugaba, A. A.; Kude, D.A.; Lung'aho, C.; Martinho, C.; Mbiri, D.; Nasona, B.; Ochieng, B.; Onditi, J.; Randrianaivoarivony, J.M.; Tankou, C.M.; Worku, A.; Schulte-Geldermann, E.; Mares, V.; Mendiburu, F. de; Quiroz, R.Q. 2018. How big is the potato (*Solanum tuberosum* L.) yield gap in sub-saharan africa and why? A Participatory Approach. *Open Agric.* (1):180–189.
- Hill, D.; Nelson, D.; Hammond, J.; Bell, L. 2021. Morphophysiology of potato (*Solanum tuberosum*) in Response to Drought Stress: Paving the Way Forward. *Front. Plant Sci.* 11.
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. 2014. Climate Change 2014 Synthesis Report. IPCC: Geneva, Switzerland. 169 p.
- Jennings, S.A.; Koehler, A.K.; Nicklin, K.J.; Deva, C.; Sait, S.M.; Challinor, A.J. 2020. Global Potato Yields Increase Under Climate Change With Adaptation and CO2 Fertilisation. *Front. Sustain. Food Syst.* 4 p.
- Jovanovic, Z.; Stikic, R.; Vucelic-Radovic, B.; Paukovic, M.; Brocic, Z.; Matovic, G.; Rovcanin, S.; Mojevic, M. 2010. Partial root-zone drying increases WUE, N and antioxidant content in field potatoes. *Eur. J. Agron.* 33:124–131.
- Lal, R. 2013. Food Security in a Changing Climate. *Ecohydrol. Hydrobiol.* 13:8–21.
- Liu, F.L.; Shahnazari, A.; Andersen, M.N.; Jacobsen, S.E.; Jensen, C.R. 2006. Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. *Sci. Hortic.* 109:113–117.
- Prashar, A.; Yildiz, J.; McNicol, J.W.; Bryan, G.J.; Jones, H.G. 2013. Infra-red thermography for high throughput field phenotyping in *Solanum tuberosum*. *Plos One.* 8(6):e65816.
- Qin, J.; Ramírez, D. A.; Xie, K.; Li, W.; Yactayo, W.; Jin, L.; Quiroz, R. 2018. Is partial root-zone drying more appropriate than drip irrigation to save water in China? a preliminary comparative analysis for potato cultivation. *Potato Res.* 61(4):391–406.
- Quiroz, R.; Loayza, H.; Barreda, C.; Gavilán, C.; Posadas, A.; Ramírez, D.A. 2017. Linking process-based potato models with light reflectance data: does model complexity enhance yield prediction accuracy? *Eur. J. Agron.* 82(A):104–112.
- Ramírez, D.A.; Rolando, J.L.; Yactayo, W.; Monneveux, P.; Mares, V.; Quiroz, R. 2015a. Improving Potato Drought Tolerance through the Induction of Long-Term Water Stress Memory. *Plant Sci.* 238(A):26–32.
- Ramírez, D. A.; Rolando, J. L.; Yactayo, W.; Monneveux, P.; Quiroz, R. 2015b. Is Discrimination of ¹³C in Potato Leaflets and Tubers an Appropriate Trait to Describe Genotype Responses to Restrictive and Well-Watered Conditions? *J. Agron. Crop Sci.* 201(B):410–418.
- Ramírez, D.A.; Yactayo, W.; Rens, L.R.; Rolando, J.L.; Palacios, S.; De Mendiburu, F.; Mares, V.; Barreda, C.; Loayza, H.; Monneveux, P.; Zotarelli, L.; Khan, A.; Quiroz, R. 2016. Defining Biological Thresholds Associated to Plant Water Status for Monitoring Water Restriction Effects: Stomatal Conductance and Photosynthesis Recovery as Key Indicators in Potato. *Agric. Water Manag.* 177:369–378.
- Rinza, J.; Ramírez, D.A.; García, J.; de Mendiburu, F.; Yactayo, W.; Barreda, C.; Velasquez, T.; Mejía, A.; Quiroz, R. 2019. Infrared Radiometry as a Tool for Early Water Deficit Detection: Insights into Its Use for Establishing Irrigation Calendars for Potatoes Under Humid Conditions. *Potato Res.* 62(2):109–122.
- Rud, R.; Cohen, Y.; Alchanatis, V.; Levi, A.; Brikman, R.; Shenderoy, C.; Heuer, B.; Markovitch, T.; Dar, Z.; Rosen, C.; Mulla, D.; Nigon, T. 2014. Crop water stress index derived from multi-year ground and aerial thermal images as an indicator of potato water status. *Precis. Agric.* 15(3):273–289.
- Segarra, J.; Buchailot, M.L.; Araus, J.L.; Kefauver, S.C. 2020. Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications. *Agronomy.* 10(5):641.
- Shahnazari, A.; Liu, F.L.; Andersen, M.N.; Jacobsen, S.E.; Jensen, C.R. 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Res.* 100:117–124.

- Silva-Díaz, C.; Ramírez, D.A.; Rinza, J.; Ninanya, J.; Loayza, H.; Gómez, R.; Anglin, N. L.; Eyzaguirre, R.; Quiroz, R. 2020a. Radiation interception, conversion and partitioning efficiency in potato landraces: How far are we from the optimum? *Plants*. 9(6):787.
- Silva-Díaz, C.; Ramírez, D.A.; Rodríguez-Delfín, A.; de Mendiburu, F.; Rinza, J.; Ninanya, J.; Loayza, H.; Quiroz, R. 2020b. Unraveling ecophysiological mechanisms in potatoes under different irrigation methods: A preliminary field evaluation. *Agronomy*. 10(6):827.
- Tang, J.; Wang, J.; Fang, Q.; Wang, E.; Yin, H.; Pan, X. 2018. Optimizing planting date and supplemental irrigation for potato across the agro-pastoral ecotone in North China. *European J. Agron.* 98:82-94.
- Vasquez-Robinet, C.; Mane, S. P.; Ulanov, A. V.; Watkinson, J. I.; Stromberg, V. K.; De Koeyer, D.; Schafleitner, R.; Willmot, D. B.; Bonierbale, M.; Bohnert, H. J.; Grene, R. 2008. Physiological and molecular adaptations to drought in Andean potato genotypes. *J. Exp. Bot.* 59:2109–2123.
- Yactayo, W.; Ramirez, D.A.; Gutierrez, R.; Mares, V.; Posadas, A.; Quiroz, R. 2013. Effect of partial root-zone drying irrigation timing on potato tuber yield and water use efficiency. *Agric. Water Manag.* 123:65–70.
- Yactayo, W.; Ramírez, D.A.; German, T.; Worku, A.; Abeb, A.; Harahagazwe, D.; Mares, V.; De Mendiburu, F.; Quiroz, R. 2017. Improving potato cultivation using siphons for partial root-zone drying irrigation: A case study in the Blue Nile River Basin, Ethiopia. *Open Agric.* 2(1).
- Xie, K.; Wang, X.X.; Zhang, R.; Gong, X.; Zhang, S.; Mares, V.; Gavilán, C.; Posadas, A.; Quiroz, R. 2012. Partial root-zone drying irrigation and water utilization efficiency by the potato crop in semi-arid regions in China. *Sci. Hortic.* 134:20–25.
- Zhao, C.; Liu, B.; Xiao, L.; Hoogenboom, G.; Boote, K. J.; Kassie, B.T.; Pavan, W.; Shelia, V.; Kim, K.S.; Hernandez-Ochoa, I.M.; Wallach, D.; Porter, C.H.; Stockle, C.O.; Zhu, Y.; Asseng, S. 2019. A SIMPLE Crop Model. *Eur. J. Agron.* 104:97–106.

Niveles críticos de absorción, translocación y eficiencia de macronutrientes minerales para altos rendimientos en papa

Manuel Iván Gómez Sánchez¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, Univ. Nacional de Colombia. Profesor Asociado. Sede Bogotá. Dirección técnica Ingeplant SAS. E-mail: igomez@unal.edu.co; migomez@ingeplant.com

Palabras clave: Consumo de lujo, Eficiencia de translocación, Papa del grupo Andígena, Relaciones alométricas, Uso eficiente de nutrientes

RESUMEN

Los estudios de nutrición mineral en cultivares de papa del Grupo Andígena en Colombia y Latinoamérica, se han enfocado a respuestas de la fertilización N, P y K. Sin embargo, no se ha cuantificado por completo el comportamiento de estos nutrientes en la planta con relación a las diferentes etapas fenológicas y su distribución en los diferentes órganos, ni su relación con componentes fisiológicos de crecimiento para su modelamiento.

Por ello en la presente investigación, bajo ambientes contrastantes de evaluación (suelos de baja y alta fertilidad), dos ciclos de producción, dos cultivares (Diacol Capiro [Capiro] y Pastusa Suprema [Suprema]) y fertilización variable, se buscó: (i) caracterizar la distribución de macronutrientes en órganos de la planta; (ii) determinar la acumulación de N, P y K en diferentes etapas del cultivo (iii) y establecer a partir de relaciones alométricas la acumulación de nutrientes minerales, variables fisiológicas de crecimiento y uso eficiente de los nutrientes.

Se determinó que la curva de dilución crítica para cada macronutriente en Capiro es $N_c = 6,23 W^{-0,319}$, $P_c = 0,523 W^{-0,198}$ y $K_c = 9,02 W^{-0,269}$, y para Suprema de $N_c = 6,74 W^{-0,327}$, $P_c = 0,536 W^{-0,186}$ y $K_c = 6,585 W^{-0,1353}$, observándose mejor robustez con peso seco total (W) con respecto al modelo obtenido con índice de área foliar. Se observó además significancia estadística en la interacción genotipo x localidad con mejor ajuste en el modelo de consumo nutricional para suelos de baja fertilidad para Suprema, con $N_r = 68,13 W^{0,504}$, $P_r = 6,72 W^{0,779}$ y $K_r = 63,93 W^{0,776}$, donde se expresa el mayor potencial productivo y altos índices de cosecha por nutriente con $ICN = 0,55-0,69$, $ICP = 0,75-0,8$ y $ICK = 0,62$, mientras que Capiro muestra una mayor adaptación en ambos tipos de suelos, con una mejor conversión de asimilados por su uso eficiente de nutrientes en el tubérculo (UENt) y con $N_r = 56,38 W^{0,58}$ y $P_r = 4,26 W^{0,786}$ en baja fertilidad, y $K_r = 79,52 W^{0,79}$ en alta fertilidad. Se estableció el índice de nutrición (INN) con mejor ajuste en Capiro entre 0,25-1,32, en contraste, para Suprema se evidenció una respuesta entre nula a marginal a la fertilización y consumo de lujo de N (INN 1-1,5) que fue corroborado con indicadores negativos en el UENt, una menor eficiencia de translocación (tanto en N, P y K) y una mayor acumulación de NO_3^- y K^+ en savia bajo suelos de alta fertilidad.

Lo anterior permitirá realizar diagnósticos nutricionales oportunos y así pronosticar un manejo más específico de estos nutrientes por cultivar y diferentes tipos de suelo para alcanzar altos rendimientos y sostenibilidad en la producción de papa en la región Andina de Colombia.

IX CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA

Agrobiodiversidad y Nutrición

ARTÍCULOS SESIÓN

MEJORAMIENTO, RECURSOS FITOGENÉTICOS Y BIOTECNOLOGÍA

Mejoramiento asistido en papa con el uso de marcadores moleculares. Proyecto INIAP-UE-AECID-papa

Xavier Cuesta¹, David Ortega¹, David Ramos¹, Lizabeth Ojeda¹, Eduardo Morillo¹, Marcelo Racines¹ y Jorge Rivadeneira¹

¹ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, Est. Exp. Santa Catalina, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa. Quito, Ecuador. E-mail: xavier.cuesta@iniap.gob.ec

Palabras clave: Biotecnología, Calidad, Resistencia, Variedades

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el tizón tardío (TT), causado por *Phytophthora infestans* y el nematodo del quiste (NQ) (*Globodera pallida*) constituyen dos de las principales limitantes que afectan la producción y la calidad de la papa (Revelo, 2003; Delgado, 2019; Racines et al., 2021). En la actualidad, para su manejo se realizan aplicaciones con pesticidas que afectan el ambiente, la salud de los agricultores e incrementan los costos de producción. Por lo que el mejoramiento genético constituye la mejor alternativa (Cuesta et al., 2020). El desarrollo de nuevas variedades en el Ecuador se basa en el mejoramiento convencional que consiste en cruzamientos entre progenitores con características complementarias y la selección de progenies por su apariencia general y características agronómicas requeridas (Cuesta, 2013, Cuesta et al., 2020). Sin embargo, debido a la genética compleja de la papa este método es largo y costoso. Ante esta situación, para incrementar la eficiencia para el desarrollo de variedades, con el apoyo de la UE a través de la AECID, se plantea complementar el mejoramiento convencional, con el uso de la selección asistida por marcadores moleculares (MAS), lo cual permitirá identificar materiales con las características requeridas en fases tempranas y avanzadas con el consecuente ahorro de tiempo y recursos.

El objetivo es generar germoplasma con resistencia/tolerancia a TT, NQ y calidad, a través del uso de marcadores moleculares para mejorar los procesos de selección de materiales y reducir el tiempo de generación de nuevas variedades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este proyecto empezó actividades en el 2019 y finalizará a mediados de 2022, las actividades de pre-mejoramiento se llevan a cabo en el laboratorio de biotecnología, invernaderos y campo de la Est. Exp. Santa Catalina del INIAP, mientras que las evaluaciones complementarias en localidades representativas de las provincias de Carchi, Tungurahua y Chimborazo. Sesenta clones de fases iniciales avanzadas, variedades mejoradas y nativas del programa de mejoramiento fueron empleados (Cuesta et al., 2020).

El proyecto plantea tres componentes: 1) Selección de genotipos con resistencia al TT, NQ y calidad de fases iniciales de mejoramiento con el uso de marcadores moleculares, 2) Selección de materiales de fases avanzadas con resistencia / tolerancia a TT, NQ y calidad, 3) Fortalecimiento de las capacidades locales. Para la evaluación, selección de germoplasma de fases iniciales y avanzadas se utilizó el procedimiento descrito en (Cuesta et al., 2020), la selección y validación de marcadores se realizó con base en lo propuesto por (Díaz et al., 2003; Gebhardt et al., 2004 y Stefańczyk et al., 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componente 1: Se seleccionaron 17 progenitores: Para resistencia al TT ocho clones 11-9-90, 11-9-91, 11-9-1, 11-9-12, 11-9-112, 11-9-34, 11-9-131 y 12-5-39 (AUDPC < 115). Para NQ 5 clones 07-32-15, 07-31-11, 08-1-6, 09-1-1 y 98-38-12, índice de incremento de reproducción (< 22). Para calidad las variedades

INIAP-Josefina, INIAP-Fripapa, INIAP Gabriela y Superchola. Se realizaron 88 cruzamientos y se han generado 2500 progenies. En laboratorio se validaron 3 marcadores moleculares asociados con resistencia a TT, uno presentó asociación 76-2SF2/76-2SR. Para NQ los marcadores empleados no mostraron asociación. Se analizaron 27 progenies del cruzamiento (INIAP-Natividad x INIAP-Victoria), 7 manifestaron la presencia del gen R1 de resistencia a TT. Se analizaron 12 variedades con el marcador molecular 76-2SF2/76-2SR, 4 presentaron el gen R1. En 12 variedades nativas no se evidenció la presencia del gen.

Componente 2: Se han evaluado 15 clones avanzados localidades representativas de las provincias de Pichincha, 14 en Tungurahua, 14 en Chimborazo y 10 en Carchi. Se han seleccionado seis 11-9-112; 11-9-90; 11-9-1; 11-8-6; 11-9-11; 11-9-186; 11-9-133, con características de resistencia al TT, NQ y calidad.

Componente 3: Se han elaborado tres publicaciones: 1) Mejoramiento genético de papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y conceptos, 2) Guía del manejo de la punta morada de la papa, 3) Tríptico informativo. Documentos que están disponibles en el repositorio del INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/>.

CONCLUSIONES

El mejoramiento convencional con el apoyo del MAS ha permitido seleccionar progenitores, progenies y clones avanzados con características de resistencia al TT, NQ y calidad con potencial de ser variedades mejoradas. El proyecto INIAP-UE-AECID-papa está generando información relevante para mejoramiento, además ha permitido la generación de publicaciones técnicas como apoyo al fortalecimiento de capacidades de los diferentes actores de la cadena de valor.

AGRADECIMIENTO

A la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) dentro del Convenio de Delegación DCI/ 2017/386-673 suscrito con la Unión Europea (UE) en el marco del programa “Apoyo al desarrollo de talento humano, innovación y transferencia de tecnología en el Ecuador”.

BIBLIOGRAFÍA

- Cuesta, X. 2013. Potato quality traits: variation and genetics in Ecuadorian potato landraces. (Doctoral dissertation, Wageningen University), Wageningen. The Netherlands.
- Cuesta, X., Rivadeneira, J., Monteros, C. 2020. Mejoramiento Genético de papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos. Quito (Ecuador), Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. 62 p.
- Delgado, R. 2019. Late blight: pathogen variability and disease resistance breeding in Ecuador (Doctoral dissertation, Wageningen University), Wageningen. The Netherlands.
- Díaz, M., Fajardo, D. A., Moreno, J. D., García, C., y Núñez, V.M. 2003. Identificación de genes R1 y R2 que confieren resistencia a *Phytophthora infestans* en genotipos colombianos de papa. Rev. Colombiana de Biotecnología, 5(2):40-50.
- Gebhardt, C., Ballvora, A., Walkemeier, B., Oberhagemann, P., and Schüller, K. 2004. Assessing genetic potential in germplasm collections of crop plants by marker-trait association: A case study for potatoes with quantitative variation of resistance to late blight and maturity type. Molecular Breed. 13(1):93-102.
- Racines M., Cuesta X., Castillo C. (eds). 2021. Manual del cultivo de papa para pequeños productores. Manual No. 78, 3^{ra} Ed. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Quito, Ecuador. 120 p.
- Revelo, J. 2003. Manejo integrado del nematodo del quiste de la papa, *Globodera pallida* en Ecuador. pp 27–28. En: XXXV Reunión anual de la organización de namatólogos de los Trópicos Americanos (ONTA). Guayaquil -Ecuador.
- Śliwka, J., Jakuczun, H., Lebecka, R., Marczewski, W., Gebhardt, C., and Zimnoch-Guzowska, E. 2006. The novel, major locus Rpi-phu1 for late blight resistance maps to potato chromosome IX and is not correlated with long vegetation period. *Theoretical and Applied Genetics*, 113(4):685-695.

Evaluación de marcadores moleculares asociados con la resistencia a tizón tardío para selección asistida en papa

Lizeth F. Ojeda¹, Eduardo Morillo¹, Jorge Rivadeneira² y Xavier Cuesta²

¹ Depto. de Biotecnología. Est. Exp. Santa Catalina, Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Quito, Ecuador. E-mail: biotecnología@iniap.gob.ec

² Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro papa. Est. Exp. Santa Catalina, Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Quito, Ecuador.

Palabras clave: Biotecnología, Mejoramiento genético, *Phytophthora infestans*

INTRODUCCIÓN

El tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* es una de las principales enfermedades que afecta a los cultivos de papa, ocasionando pérdidas significativas en su producción (Méndez., 2019). El mejoramiento genético clásico ha sido una herramienta que ha contribuido a la obtención de variedades mejoradas aprovechando la gran biodiversidad genética de las especies silvestres y nativas. Considerando el gran costo y tiempo que implican los programas convencionales es imprescindible integrar nuevas tecnologías como la selección asistida por marcadores moleculares (MAS). La tecnología MAS permite determinar la presencia de un determinado gen de interés en un genotipo. Esta tecnología se ha introducido en la rutina de programas de mejoramiento en papa en otros países (Mosquera et al., 2008) para genes de resistencia cuantitativa a patógenos y otros caracteres. El objetivo de una primera fase del proyecto es validar marcadores moleculares asociados con resistencia a tizón tardío para su uso en la selección temprana de germoplasma del programa de mejoramiento de papa del INIAP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Al momento se han analizado 3 marcadores moleculares asociados con resistencia a tizón tardío: GP21 (Meksem et al., 1995), GP179 (Oberhagemann et al., 1999) y 76-2SF2/76-2SR (Ballesteros et al., 2010). Se utilizó como testigo susceptible a la var. Diacol-Capiro y como testigo resistente a la var. INIAP-Libertad y la especie silvestre *Solanum demissum*. Se evaluó la presencia / ausencia de fragmentos de tamaños específicos esperados para cada marcador molecular y de acuerdo con ello se seleccionó al marcador 76-2SF2/76-2SR que amplifica una secuencia del gen R1. Se estandarizaron las condiciones óptimas para su amplificación por PCR de acuerdo con lo reportado por Zoteyeva et al. (2014). Para determinar la relación de la integridad de ADN con la amplificación de este marcador, se visualizó la integridad de varias muestras de ADN que presentan el gen R1. Luego se realizó un *screening* de presencia del gen R1 en 12 variedades de papa comerciales y 12 variedades nativas del banco de germoplasma del INIAP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los tres marcadores moleculares analizados, se seleccionó el marcador 76-2SF2/76-2SR con el que se obtuvo una buena amplificación en el testigo resistente (*Solanum demissum*) y ausencia de amplificación en el testigo susceptible (Diacol-Capiro). Del *screening* realizado en las variedades comerciales y nativas de papa, se obtuvo amplificación del gen R1 solo en cuatro variedades comerciales: Superchola, INIAP-Natividad, INIAP-Estela e INIAP-María. Además, se constató que la integridad del ADN tiene relación con la amplificación de R1, debido a que el marcador es de alto peso molecular (1400 pb).

La presencia del fragmento de 1400 pb fue la misma reportada por otros estudios (Díaz et al., 2003; Zoteyeva et al., 2014) y se ha verificado *in silico* su identidad. Sin embargo, es necesario comparar la presencia / ausencia de este fragmento con evaluaciones fenotípicas del material analizado.

Para continuación del proyecto se realizará un *screening* adicional de otros marcadores moleculares asociados con la resistencia a tizón tardío. Los marcadores que se seleccionen como óptimos se usarán para la selección asistida de germoplasma de fases iniciales y avanzadas del programa de mejoramiento de papa del INIAP. Además, se buscará automatizar los procesos para que la selección sea eficiente y efectiva en términos técnicos y económicos.

CONCLUSIONES

El marcador molecular 76-2SF2/76-2SR es útil para su uso en un Programa de MAS para *P. infestans*; sin embargo, debe considerarse que su alto peso molecular puede llevar a la detección de falsos negativos por lo que es pertinente evaluar otros marcadores moleculares. La implementación de la selección asistida por marcadores moleculares en papa en el INIAP aportará a mejorar la eficiencia en el proceso de selección y a disminuir el costo y tiempo para la selección de nuevos materiales genéticos.

BIBLIOGRAFÍA

- Ballesteros, D., G. Gómez, M. Delgado, M. Álvarez, D. Juyó, D. Cuellar y T. Mosquera. 2010. Posible presencia de un gen R1 en germoplasma de *Solanum tuberosum* Grupo Phureja. Agron. Col. 28:137V146.
- Díaz, M., Fajardo, D.A., Moreno, J.D., García, C., y Núñez, V.M. 2003. Identificación de genes R1 y R2 que confieren resistencia a *P. infestans* en genotipos colombianos de papa. Revista Colombiana de Biotecnología, 5(2):40-50.
- Méndez, L.P. 2019. Principales enfermedades que afectan al follaje en el cultivo de papa [en línea]. Temuco: Boletín INIA – Inst. de Investigaciones Agropecuarias. Nro. 414. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/6866> (Consulta: 2 mayo 2021).
- Meksem, K., Leister, D., Peleman, J., Zabeau, M., Salamini, F., and Gebhardt, C. 1995. A high-resolution map of the vicinity of the R1 locus on chromosome V of potato based on RFLP and AFLP markers. Molecular and General Genetics MGG, 249(1):74-81.
- Mosquera, T., Fernández, C., Martínez, L., Acuña, A., y Cuéllar, D. 2008. Genética de la resistencia de la papa (*Solanum tuberosum*) a patógenos. Estado de arte. Agronomía Colombiana, 26(1):7-15.
- Oberhagemann, P., C. Chatot, R. Schäfer, D. Wegener, C. Palomino, F. Salamini, E. Bonnel y C. Gebhardt. 1999. A genetic analysis of quantitative resistance to late blight in potato: towards marker-assisted selection. Mol. Breed. 5:399-415.
- Zoteyeva, N., Mezaka, I., Vilcâne, D., Carlson-Nilsson, U., Skrabule, I., and Rostoks, N. 2014. Assessment of genes R1 and R3 conferring resistance to late blight and of gene Rysto conferring resistance to potato virus Y in two wild species accessions and their hybrid progenies. In Proc. Latv. Acad. Sci. Sect. B. 68(3/4):133–141.

Nueva variedad de papa con resistencia moderada a tizón tardío y buena calidad para la Sierra Centro

Jorge Rivadeneira¹, Fausto Yumisaca¹, Rodrigo Aucancela¹, Cecilia Monteros¹, Marcelo Racines¹ y Xavier Cuesta¹

¹ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Est. Exp. Santa Catalina, Quito, Ecuador. E-mail: jorge.rivadeneira@iniap.gob.ec

Palabras clave: Estabilidad, Mejoramiento genético, *Phytophthora infestans*

INTRODUCCIÓN

En la Sierra ecuatoriana la papa representa la base de la alimentación de la mayor parte de la población (Cuesta et al., 2021). Las preferencias de este tubérculo en la Sierra Central están relacionadas con el color rojo-rosado del tubérculo, pulpa amarilla, forma oblonga, rendimientos superiores a las 30 t/ha que posean resistencia a tizón tardío y un ciclo de cultivo menor a 150 d (Cuesta et al., 2018). Muchas de las variedades cultivadas tienen algunas de estas características; sin embargo, la mayoría son susceptibles al tizón tardío (*Phytophthora infestans*), presentan bajos rendimientos y un ciclo del cultivo largo (Cuesta, 2013; Cuesta et al., 2018). Es por ello por lo que, en el año 1998 inicio un programa de mejoramiento con el objetivo de obtener materiales con esas características. Como resultado el clon 98-38-12 luego denominado INIAP-SuperFri fue seleccionado de forma participativa por sus características de resistencia a tizón tardío, rendimiento superior a 30 t ha⁻¹ y calidad para consumo en fresco y procesado tipo bastón.

MATERIALES Y MÉTODOS

La var. INIAP-SuperFri se evaluó en varias localidades de las provincias de Carchi, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Bolívar y Chimborazo. Se utilizaron las variedades INIAP-Fripapa y Superchola como testigos referenciales. Para evaluar la resistencia a tizón tardío se establecieron ensayos en zonas con condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad, se midió la severidad en porcentaje, se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC) y se utilizó la escala de susceptibilidad (ES) (Yuen y Forbes, 2009; Cuesta et al., 2020). Para medir la estabilidad y adaptabilidad se utilizó el método de Hildebrand (1984) y Finlay y Wilkinson (1963), respectivamente.

La evaluación de la calidad para consumo en fresco se realizó en restaurantes y hoteles según métodos propuestos por De Hann et al. (2017) y para procesamiento tipo hojuela y bastón se aplicó la metodología descrita en Cuesta et al. (2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La var. INIAP-SuperFri proviene de un cruzamiento entre los clones 95-26-4 y 96-1-5, presenta madurez intermedia, con un ciclo de cultivo entre 140-155 d. La productividad promedio es de 33.43 t ha⁻¹, pudiendo alcanzar hasta 48.00 t ha⁻¹.

Al evaluar la resistencia a tizón tardío, INIAP-SuperFri se ubicó en el primer rango de significación según Tukey al 5% con 1260.25 unidades de AUDPC mientras las variedades Superchola e INIAP-Fripapa se ubicaron en el segundo rango con 1531.27 y 1650.56 unidades de AUDPC, respectivamente. Según la ES la var. INIAP-SuperFri presentó una resistencia moderada a *P. infestans* (escala 5) al comparar con INIAP-Fripapa y Superchola que tuvieron una respuesta de susceptibilidad (escala 7).

La ecuación de regresión estableció que INIAP-SuperFri tiene mayor adaptación comparada con INIAP-Fripapa, además, el valor de la pendiente de la nueva variedad fue 0.967, mientras INIAP-Fripapa tuvo un

valor mayor de la pendiente con 1.03. El análisis de estabilidad mostró que la var. INIAP- SuperFri fue más estable, dado que presentó intervalos de confianza más cortos comparada con INIAP-Fripapa.

La productividad de INIAP-SuperFri fue superior tanto en ambientes con condiciones desfavorables como en ambientes con condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo y presentó características de mayor estabilidad comparada con INIAP-Fripapa.

Las pruebas de calidad determinaron que la var. INIAP-SuperFri es apta para consumo en fresco esta se ubicó en los primeros rangos en la evaluación para consumo en forma de sopas, tortillas y papa cocida. La evaluación para para procesamiento tipo bastón estableció que INIAP-SuperFri se ubicó en el mismo rango que los testigos INIAP-Fripapa y Superchola con más del 90% de bastones fritos en la categoría buenos, mientras que, para fritura en forma de hojuelas, INIAP-SuperFri se ubicó en el segundo rango con 80.83% hojuelas de la categoría buenas.

CONCLUSIONES

INIAP SuperFri por su respuesta a ES y ABCPE es una variedad con resistencia moderada al tizón tardío. Por sus características de calidad es una variedad apta para consumo en fresco y procesamiento tipo bastón. La var. INIAP-SuperFri es estable en los ambientes evaluados y presentó mayores rendimientos tanto en ambientes con condiciones desfavorables como en aquellos con condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Cuesta, X. 2013. Potato quality traits: variation and genetics in Ecuadorian potato landraces, in Laboratory of plant breeding. Wageningen University: Wageningen - The Netherlands.
- Cuesta X., Unda J., and Yáñez Z. 2018. Potato preferences in the Ecuadorian Highlands. *In: Abstract book 10th WPC-XXVIII ALAP 2018 Congress: Biodiversity, Food security and Business*. Inst. Nacional de Innovación Agraria, Cusco, Perú. 164 p.
- Cuesta, X., Rivadeneira J., Monteros C. 2020. Mejoramiento genético de papa: Conceptos, procedimientos, metodologías y protocolos. Quito (Ecuador), Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 62 p.
- Cuesta, X., Monteros, C. 2021. Usos de la papa y valor nutritivo. *En: Racines, M., Cuesta, X., Castillo, C. (eds.), Manual del cultivo de papa para pequeños productores (3ª Ed.)*. 120 p.
- De Haan S., Salas E., Fonseca C., Gastelo M., Amaya N., Bastos C., Hualla V., Bonierbale M. 2017. Selección participativa de variedades de papa (SPV) usando el diseño mamá y bebé. Una guía para capacitadores con perspectiva de género. ISBN: 978-92-9060-475-4. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa – CIP. 82 p.
- Finlay, K.W., and Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian J. Agri. Res.*, 14(6),742-754.
- Hildebrand P.E. 1984. Modified Stability Analysis of Farmer Managed, On-Farm Trials¹. *Agron. J.* 76:271-274.
- Yuen, J.E., and Forbes, G.A. 2009. Estimating the level of susceptibility to *Phytophthora infestans* in potato genotypes. *Phytopathology* 99:783–786.

Determinación de la resistencia genética de ocho especies silvestres de *Solanum* spp. a *Bactericera cockerelli* en invernadero, Quito, Ecuador

Carmen Castillo C.¹, María E. Vásquez², Wilson Vásquez² y Jorge Rivadeneira R.¹

¹ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Est. Exp. Santa Catalina, Quito, Ecuador. E-mail: carmen.castillo@iniap.gob.ec

² Univ. de las Américas – UDLA. Carrera de Ing. Agroindustrias. Quito, Ecuador.

Palabras clave: Antibiosis, Antixenosis, Solanaceae

INTRODUCCIÓN

El psílido de la papa, *Bactericera cockerelli* (Šulc), es reconocido como la plaga más importante en la papa en los países donde está presente y es considerado una plaga cuarentenaria (OIRSA, 2015). En Ecuador, *B. cockerelli* fue visto por primera vez a fines del 2017 (Castillo et al., 2019) y su control se basa en la aplicación de insecticidas, lo que conlleva a efectos colaterales negativos, como contaminación, incremento en costos de producción, eliminación de insectos benéficos, entre otros; el mejoramiento genético de plantas con la introducción de genes de resistencia, es una de las herramientas más oportunas y limpias para un manejo eficiente de plagas y enfermedades (Birch et al., 2011).

Entre los mecanismos de resistencia están las propiedades de antibiosis y antixenosis que poseen las plantas. La antibiosis es un conjunto de reacciones de biocontrol de las plantas contra plagas y patógenos que reducen su crecimiento o sobrevivencia. Es un antagonismo regulado por metabolitos (específicos o no específicos), enzimas, compuestos volátiles y otras sustancias tóxicas (Fravel, 1988). En tanto la antixenosis es una interacción entre plantas e insectos, los insectos escogen una planta hospedera alterna en menor aceptación debido a características morfológicas (capas epidérmicas gruesas, presencia de cera, densidad de tricomas) y químicas (fitoquímicos de repelencia, tóxicos) que alteran el comportamiento de los artrópodos herbívoros (Smith, 2005; Díaz et al., 2013). El propósito fue seleccionar plantas solanáceas de la colección de germoplasma del INIAP que exhiban características de antibiosis y antixenosis contra insectos plagas, en este caso contra *B. cockerelli*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó bajo invernadero en la Est. Exp. Santa Catalina (EESC) del INIAP ubicada en el Distrito Metropolitano de Quito, cantón Mejía, provincia de Pichincha, Ecuador, a una altura de 3050 msnm. Se evaluaron seis especies silvestres de papa (*Solanum albicans*, *S. albornozii*, *S. andreanum*, *S. chilliasense*, *S. chomatophilum*, *S. colombianum*), una especie silvestre de tomate (*S. galapagense*) comparados con *S. tuberosum*. Los insectos utilizados provinieron de una cría de *B. cockerelli* mantenida en invernadero en plantas de papa.

Para los ensayos de antibiosis y antixenosis se utilizó un diseño completo al azar con 4 y 5 observaciones. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5%, en las variables que no tuvieron distribución normal se realizó una transformación de raíz cuadrada más uno. Las variables evaluadas para antibiosis fueron: número de adultos (NA), huevos (NH) y ninfas (NN) de *B. cockerelli* contabilizados cada dos días luego de la liberación de 10 insectos adultos (macho-hembra 1:1) por planta individualizada en una jaula (experimento de no elección). Para antixenosis fueron: NA y NH contados después de 48 h después de la liberación de los adultos (en un experimento de elección). Cada repetición constó de una planta por especie colocada al azar formando un círculo dentro de una misma jaula, con la liberación de cien psílicos en el centro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el experimento de antibiosis (no elección) se encontraron diferencias significativas entre las especies silvestres de solanáceas para el número de huevos y de ninfas, para el número de adultos se tomaron en cuenta los días de sobrevivencia de los adultos en las plantas de las diferentes especies. En el experimento de antixenosis (libre elección) se encontraron diferencias significativas para número de adultos, pero no para número de oviposturas. Se destacan las especies *S. albicans*, *S. galapagense*, *S. colombianum* como las que propician una menor sobrevivencia y desarrollo de *B. cockerelli* (antibiosis) y menor atracción para adultos (antixenosis) (Tabla 1).

Se destaca el resultado obtenido con bajo índice de desarrollo de las ninfas de *B. cockerelli* en la prueba de antibiosis para las tres especies de solanáceas antes mencionadas *S. albicans*, *S. galapagense* y *S. colombianum* (Fig. 1).

Tabla 1. Resumen de los análisis estadísticos realizados para las pruebas de antibiosis y antixenosis para las especies de solanáceas silvestres. EESC, Quito, Ecuador. 2019.

| Antibiosis (no elección) | | | | Antixenosis (libre elección) | |
|----------------------------|-----------------|--------|-------------|------------------------------|-------|
| Variable | NH (2d después) | NN | NA | NH | NA |
| Diferencias significativas | * | * | no análisis | ns | * |
| Número de rangos | 2 | 3 | | | 2 |
| CV | 48,8 | 61 | | 35,11 | 22,3 |
| p-valor | 0,0036 | 0,0005 | | 0,37 | 0,014 |

| Especie | NH (2d después) | NN | NA | NH | NA |
|------------------------------|-----------------|---------|-----|-----|-------|
| | Medias | | dts | | |
| <i>Solanum albicans</i> | 23 a | 0 a | 6 | 99 | 9 ab |
| <i>Solanum albornozii</i> | 248 b | 541 c | 16 | 103 | 10 ab |
| <i>Solanum andreanum</i> | 159 ab | 59 abc | 12 | 193 | 13 ab |
| <i>Solanum chilliasense</i> | 219 ab | 423 c | 18 | 190 | 17 b |
| <i>Solanum chomatophilum</i> | 192 ab | 380 bc | 16 | 161 | 14 ab |
| <i>Solanum colombianum</i> | 46 ab | 47 ab | 8 | 133 | 6 a |
| <i>Solanum galapagense</i> | 41 a | 32 abc | 10 | nd | nd |
| <i>Solanum tuberosum</i> | 199 ab | 221 abc | 12 | nd | nd |

nd=no data

dts=día tope de sobrevivencia

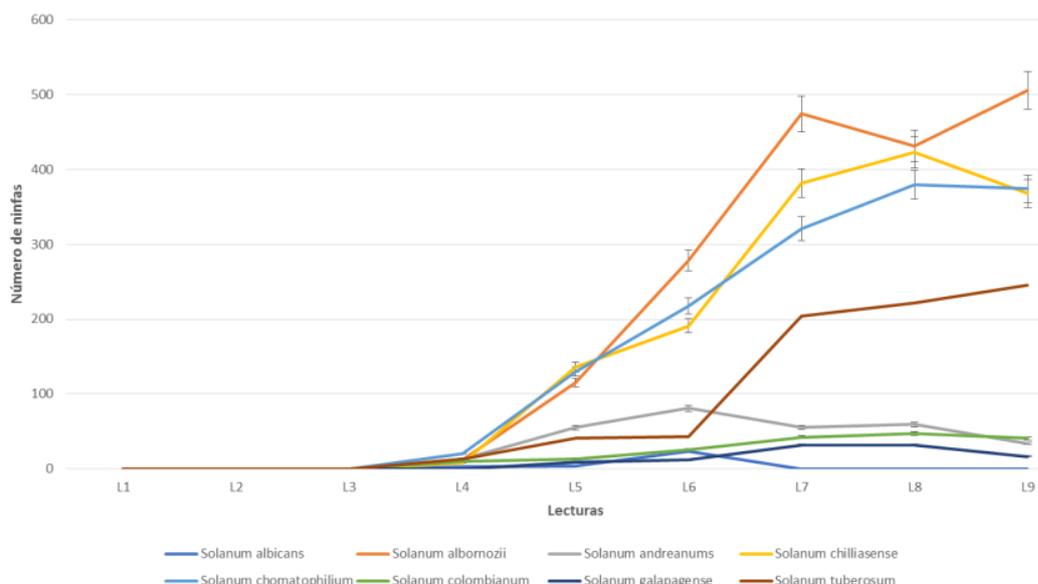


Fig. 1. Respuesta del desarrollo de las ninfas de *B. cockerelli* en las especies de solanáceas evaluadas en la prueba de antibiosis (no elección). EESC, Quito, Ecuador. 2019.

CONCLUSIONES

Las especies silvestres de solanáceas evaluadas en la presente investigación mostraron variación de resistencia de antibiosis (no elección) y antixenosis (libre elección) al psílido *B. cockerelli*, lo que conlleva a generar expectativas positivas para el mejoramiento genético como herramienta de manejo de este insecto plaga-vector.

BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, C., Fu, Z., Burckhardt, D. 2019. First record of the tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli* from South America. *Bulletin of Insectology*, 72(1):85–91.
- Birch, A.N., Begg, G.S., Squire, G.R. 2011. How agro-ecological research helps to address food security issues under new IPM and pesticide reduction policies for global crop production systems. *J. of Experimental Botany*, 62(10):3251–3261.
- Díaz-Montano, J., Vindiola, B., Drew, N., Novy, R., Miller, J and J. Trumble. 2014. Resistance of Selected Potato Genotypes to the Potato Psyllid (Hemiptera: Trioziidae). *Am. J. Potato Res.* 91:363–367.
- OIRSA. 2015. El psílido de la papa y tomate *Bactericera* (= *Paratrioza*) *cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Trioziidae): ciclo biológico; la relación con las enfermedades de las plantas y la estrategia del manejo integrado de plagas en la región del OIRSA. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria <https://www.oirsa.org/contenido/Manual%20Bactericera%20Cockerelli%20version%201.3.pdf>
- Smith, C.M. 2005. Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. Amsterdam: Springer.

Evaluación de la resistencia y/o tolerancia a *Globodera pallida* en genotipos de papa en invernadero

Néstor Castillo¹, Jorge Rivadeneira¹ y Xavier Cuesta¹

¹ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Est. Exp. Santa Catalina, Quito, Ecuador. E-mail: nestor.castillo@iniap.gob.ec

Palabras clave: Incremento poblacional, Nematodo, Rendimiento

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa es una de las principales actividades agrícolas realizadas en la sierra ecuatoriana, por la generación de ingresos y su presencia en la dieta diaria de la población. (MAG, 2019). El nematodo del quiste de la papa (*NQP*) *Globodera pallida* constituye una plaga cuarentenaria con mayor importancia en el cultivo a nivel mundial (Coyne et al., 2018; Niere y Karuri, 2018). En Ecuador el (*NQP*) produce pérdidas en la productividad de la papa de hasta el 30% (Revelo, 2003). El (*NQP*) se encuentra en la mayoría de las zonas paperas, con mayor incidencia en zonas central y sur de la sierra ecuatoriana (Revelo, 1984). Las variedades resistentes son un método de control eficaz contra el (*NQP*) (Talavera y Verdejo, 2015). Esta investigación tiene el objetivo evaluar la resistencia y/o tolerancia de 12 genotipos al (*NQP*) en invernadero y seleccionar aquellos con mejor desempeño.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un invernadero de la Est. Exp. Santa Catalina (EESC). El inóculo se aisló de suelo infectado colectado en la EESC mediante el método del elutriador de Fenwick (Fenwick, 1940). Se evaluaron 12 clones del programa de mejoramiento del INIAP (11-9-17, 11-9-108, 11-9-1, 11-9-106, 11-9-172, 11-9-44, 11-9-186, 11-8-6, 11-9-33, 11-4-101, 11-9-28, 11-9-175) y la variedad nativa Leona negra como material susceptible. La siembra se realizó en macetas de 4 kg. El experimento se ejecutó bajo un diseño de parcela dividida con 6 repeticiones, la parcela grande estuvo constituida por los genotipos y las sub-parcelas con un tratamiento sin inocular e inoculado al momento de la siembra con una población inicial (π) de 20 larvas y huevos g^{-1} de suelo (Franco y Scurrah, 1985).

En la cosecha se tomó una muestra representativa de 150 g de suelo de cada unidad experimental inoculada en la que se aisló y contabilizó la población final del nematodo (π_f), estos datos establecieron el índice de reproducción del nematodo (I) que definió la resistencia. En los análisis estadísticos a través de un modelo de Poisson se calcularon intervalos de confianza al 95% de la media del (I) que igual o superior a uno determinó la susceptibilidad e inferior a uno la resistencia de los genotipos (Cook, 1974). Se comparó la producción de tubérculos entre los materiales inoculados y sin inocular mediante una prueba de t de Student al 5% de significación estadística y se estableció la tolerancia de los genotipos de papa, no significativo tolerante y significativo no tolerante.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico determinó los índices de reproducción del (*NQP*) que en todos los genotipos y en la variedad referencia, fueron superiores a uno, lo que establece que todos los clones estudiados fueron susceptibles en concordancia con los criterios de (Cook, 1974), resultados similares se presentaron en (Castillo et al., 2019; Castillo et al., 2017; Rivera, 2009).

Los clones 11-9-106 y 11-9-33 presentaron diferencias significativas en el peso de la producción de tubérculos para la prueba de t Student al 5% demostrando ausencia de tolerancia, los diez genotipos

restantes incluida a la variedad Leona negra fueron tolerantes al ataque (*NQP*), esto puede ser por que los progenitores provienen de genotipos evaluados y seleccionados con cierto nivel de resistencia para (*NQP*), similar a lo observado en dos investigaciones previas (Castillo et al., 2017., Castillo et al., 2019). El clon (11- 9 - 28) presentó tolerancia y menor reproducción del (*NQP*).

CONCLUSIONES

Bajo los criterios de evaluación empleados y todos los genotipos presentaron una respuesta de susceptibilidad. Se observa en dos genotipos ausencia de tolerancia y en diez genotipos tolerancia al ataque del (*NQP*).

AGRADECIMIENTO

A la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) dentro del Convenio de Delegación DCI/ 2017/386-673 suscrito con la Unión Europea (UE) en el marco del programa “Apoyo al desarrollo de talento humano, innovación y transferencia de tecnología en el Ecuador”.

BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, N., Cuesta, J., Orbe, K. 2017. Determinación de resistencia / tolerancia en germoplasma de papa a *Globodera pallida* en invernadero. pp. 69–70. *En*: Kromann, P., Cuasapaz, P. (eds) Artículos VII Congreso Ecuatoriano de la papa, Tulcán (Ecuador) (en línea). Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/83309>
- Castillo N., Rivadeneira J., Cuesta X. 2019 Evaluación de la Resistencia/ Tolerancia en Clones de Papa a *Globodera pallida* en Invernadero. pp. 81–82. *En*: Racines M., Rivadeneira J., Cuesta X. (eds) Artículos VIII Congreso Ecuatoriano de la papa, Ambato (en línea). Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5335>
- Coyne, DL., Nicol, J.M. y Claudis-Cole, B. 2018. Practical plant nematology: A Field and Laboratory. Guide. Cotonou: SP-IPM. Secretariat, International institute of Tropical Agriculture (IITA), p 82
- Cook, R. 1974. Nature and inheritance of nematode resistance in cereals (en línea). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2620063/pdf/165.pdf> *J. Nematol* 6(4)165-174.
- Franco J., Scurrah, M. 1985. Evaluación de clones del CIP mejorados por resistencia el nematodo del quiste de la papa (*Globodera Pallida*). Centro Internacional de las Papa. Lima Perú. 29 p.
- Fenwick, D. 1940. Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. *J. of Helminthology*. 18(04)155-172 p.
- Revelo, J. 1984. Dinámica poblacional de *Globodera* (Stone, 1972) y combate Mediante Manejo integrado de la población en el Ecuador. Memorias de la XII reunión de la asociación Latinoamericana de la Papa Boyacá Colombia. 461 -472 p.
- Revelo, J. 2003. Manejo integrado del nematodo del quiste de la papa, *Globodera pallida* en Ecuador. En XXXV Reunión Anual de la Organización de Nematólogos de los Trópicos Americanos. 27-28 p. Guayaquil, Ecuador: ONTA
- Rivera, W. 2009. Evaluación de resistencias y/o tolerancia de 24 variedades de papa nativas al parasitismo del nematodo *Globodera pallida* en el invernadero de Cutuglahua. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Quito, Ecuador. 85 p.
- Talavera Rubia, M., Verdejo Lucas, S. 2015. Gestión de nematodos fitoparásitos. España. IFAPA. (en línea). Disponible en: <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/133376-Gestion-de-nematodos-fitoparasitos.html>
- Niere, B., Karuri, H. 2018. “Nematode parasites of potato and sweet potato,” in *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*, R. Sikora, D. Coyne, J. Hallmann, and P. Timper (eds.) (Wallingford: CAB International). 222–251 p.

Ministerio de Agricultura y Ganaderia. 2019. Informe de rendimientos objetivos de papa en el Ecuador. 2018. p 1. (en línea). Disponible en: <https://fliphtml5.com/jjia/tlcp/basic>

IX CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA

Agrobiodiversidad y Nutrición

ARTÍCULOS SESIÓN

PROTECCION VEGETAL, FITOPATOLOGÍA Y ENTOMOLOGÍA

Dinámica poblacional de *Bactericera cockerelli* Šulc en papa (*Solanum tuberosum* L.) en Imbabura

Saida Tocagón¹, Bryan Puma¹, Yalmar Caipe¹, Susana Guacán¹, Julia Prado¹, Juan Pablo Aragón¹, Ima Sánchez¹, Nancy Panchy² y Carmen Castillo³

¹ Univ. Técnica del Norte – UTN, Ibarra, Ecuador. E-mail: jkprado@utn.edu.ec

² Centro Internacional de la Papa – CIP, Quito, Ecuador.

³ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP, Est. Exp. Santa Catalina, Quito, Ecuador.

Palabras clave: Adultos, Dinámica poblacional

INTRODUCCIÓN

La papa es un tubérculo originario de América del Sur (Hawkes, 1990). Una de las plagas principales es *Bactericera cockerelli* Šulc, también conocido como psílido de la papa (Castillo et al., 2019), un insecto plaga de la familia Triozidae, que ha sido encontrado en diversidad de cultivos, pero en cultivos de solanáceas tales como papa (*Solanum tuberosum* L.), tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) y pimiento (*Capsicum annuum* L.). Este insecto se alimenta del floema e inyecta una toxina que causa clorosis en las plantas y es considerado como vector transmisor de *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Munyaneza et al., 2007) y posible vector de fitoplasmas (Bing y Xian, 2009).

En Ecuador han sido identificados 2 de estos fitoplasmas, el 16SrIF (Castillo et al., 2017) y 16SrII *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* y la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (Caicedo et al., 2020), los cuales son reportados como posibles agentes causales de la enfermedad denominada punta morada de la papa. El objetivo de la presente investigación fue estudiar la dinámica poblacional de los diferentes estadios del psílido de la papa en Imbabura.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de la dinámica poblacional de *B. cockerelli*, se realizó en 32 lotes de cultivo de papa distribuidos en los cantones San Pablo, Zuleta, Pimampiro y Cotacachi. El monitoreo se llevó a cabo desde junio 2019 a marzo 2020, en cada lote se seleccionaron al azar en un recorrido en forma de X, 20 plantas. Las oviposturas se cuantificaron en cada planta desde el ápice hasta la base por 5 min; para el conteo de las ninfas de III y IV instar, se seleccionaron tres hojas bajas y tres en el tercio medio de la planta, las mismas que fueron evaluadas en el haz y en el envés, cada 15 d. El conteo de adultos se realizó en trampas, ubicando ocho unidades por hectárea, las mismas que se cambiaron cada 15 d. en un total de 32 lotes de cultivo de papa en los cantones de San Pablo, Zuleta, Pimampiro y Cotacachi; considerando las etapas fenológicas tales como emergencia, desarrollo vegetativo, prefloración, floración e inicio de tuberización y tuberización. Los datos fueron analizados por análisis de varianza de datos no paramétricos con la prueba Kruskal Wallis ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del monitoreo indican que la zona con mayor presencia de *B. cockerelli* corresponde a Cotacachi (56%), seguido de San Pablo (31%), Zuleta (9%) y Pimampiro (4%). Por otro lado, para las etapas fenológicas, el análisis de varianza de datos no paramétricos de Kruskal Wallis sugiere que el comportamiento por estadio varía entre las zonas de evaluación ($p = 0.0001$), siendo los adultos los individuos con mayor presencia, en especial en Cotacachi, en donde se encontraron 37 adultos en promedio por trampa en prefloración, en San Pablo, se encontraron en la etapa de tuberización 20 especímenes, en Pimampiro 9 adultos en promedio por trampa y en Zuleta 5 en la etapa de floración. Butler

y Trumble (2012) indican que la edad del hospedero podría ser una variable que predispone para la aparición de un mayor o menor número de adultos.

Para el número de huevos, se encontró mayor cantidad en San Pablo, con 33 en promedio por planta en la etapa de tuberización; mientras que en Cotacachi y en Zuleta 27 en floración; y en San Pablo 18 huevos por planta en promedio en la etapa de floración. Para finalizar, no se encontraron ninfas en Pimampiro, ni en la etapa de emergencia de las otras zonas; en Cotacachi se encontraron 7 ninfas en promedio por planta en floración, mientras que en San Pablo y Zuleta 6 ninfas en la etapa de tuberización. Lewis et al. (2014) indican que el insecto sincroniza sus oviposuras con el estado fenológico de la planta, así los estados juveniles obtienen el alimento en el momento de la eclosión.

CONCLUSIONES

El monitoreo directo determinó que la presencia de huevos y ninfas de *B. cockerelli* se concentra en mayor cantidad en las etapas de floración y tuberización, mientras que el monitoreo indirecto realizado a través de las trampas sugiere que los mayores conteos se encuentran en las etapas de prefloración, floración y tuberización, existiendo diferencias significativas por zona de muestreo dentro de la provincia de Imbabura.

BIBLIOGRAFÍA

- Bing, X., Xian, T. 2009. Life history and life tables of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) on eggplant and bell pepper. Entomological Society of America, 38, 1661-1667.
- Butler, C.D., Trumble, J.T. 2012. Spatial dispersion and binomial sequential sampling for the potato psyllid (Hemiptera: Trioziidae) on potato. Pest Management Science, 68(6):865–869.
- Caicedo, J.D., Simbaña, L.L., Calderón, D.A., Lalangui, K.P., and Rivera-Vargas, L.I. 2020. First report of 'Candidatus Liberibacter solanacearum' in Ecuador and in South America. Australasian Plant Disease Notes, 15(1):1-3.
- Castillo, C., Buitrón, J., Insuasti, M., Catillo, N., Rivadeneira, J., Cuesta, X. 2017. Avances en el diagnóstico del agente causal del problema de punta morada en papa en Ecuador. VII Congreso Ecuatoriano de la papa: Adaptación al cambio climático, 189-190. Carchi, Ecuador.
- Castillo, C., Fu, Z., Burckhardt, D. 2019. First record of the tomato potato psyllid *Bactericera cockerelli* from South America. Bulletin of insectology, 72(1).
- Hawkes, J.G. 1990. The Potato: Evolution, biodiversity, and genetic resources. Belhaven Press, London.
- Lewis, O.M. 2014. The Temperature Dependent Development of *Bactericera cockerelli* (Sulc) from south Texas (Hemiptera: Trioziidae) (Doctoral dissertation). Texas A&M university. 64 p.
- Munyanza, J.E., Crosslin, J.M., and Upton, J.E. 2007.- Association of *Bactericera cockerelli* (Homoptera: Psyllidae) with "zebra chip", a new potato disease in southwestern United States and Mexico. J. of Economic Entomology, 100:656–663.

Evaluación de cuatro estrategias de rotación de insecticidas para control de *Bactericera cockerelli*

Betty Paucar¹, Oscar Guachamin², Diego Peñaherrera¹, Jorge Caicedo², Kan Jing Cho³ y Alicia Villavicencio³

¹ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Est. Exp. Santa Catalina, Quito, Ecuador. E-mail: betty.paucar@iniap.gob.ec

² Univ. Central del Ecuador – UCE. Carrera de Ing. Agronómica. Quito, Ecuador.

³ Centro KOPIA Ecuador.

Palabras clave: Modos de acción, Psílido de la papa, Zebra chip

INTRODUCCIÓN

La presencia del psílido *Bactericera cockerelli* vector de ‘*Candidatus Liberibacter solanacearum*’ (CaLso), agente causal de la papa rayada o “zebra chip” ocasiona pérdidas de calidad del tubérculo del 58.54% en la var. Superchola (Dalgo, 2020). Ante esta problemática algunos agricultores han abandonado su cultivo lo que ha provocado la alta infestación de la plaga, mientras que otros se han visto obligados a realizar el uso exagerado de insecticidas, con más de 20 aplicaciones en el ciclo del cultivo, lo que aumenta los costos de producción de un 25% a 50%, contaminación ambiental, resistencia de los insectos (Szczepaniec et al., 2019), muerte de los enemigos naturales de los insectos, además, afectaciones a la salud del agricultor.

Este es un problema latente, razón por la cual se han planteado estrategias de manejo del vector con uso racional de insecticidas, tomando en cuenta aspectos como: modos de acción (Cuesta, Peñaherrera, Velásquez, & Castillo, 2018), mezcla de productos, persistencia y frecuencia, con la finalidad de validar un manejo y uso responsable insecticidas para el control del vector de CaLso en el problema de PMP en papa. El objetivo del trabajo fue evaluar cuatro estrategias de rotación de insecticidas para el control de *B. cockerelli* en la variedad de papa INIAP-Libertad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Est. Exp. Santa Catalina del INIAP, ubicado en la parroquia Cutuglahua, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha, Ecuador, entre los meses de diciembre 2019 y marzo 2020.

El experimento se implementó bajo un diseño de bloque completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: *Tratamiento 1 - rotación 1* (T1) (para huevos: Spinetoram, Etoxazole; para ninfas: Sulfoxaflor, Flupiradifurona, Spirotetramat + tiaclopid, Spinosad, Lambdacialotrin+ thiamethoxam, Indoxacarb, Fipronil; para adultos: Bifentrina, Metiocarb), *Tratamiento 2 - rotación 2* (T2) (para huevos: Hexitiazox, Thiocyclam; para ninfas: Imidacloprid, Spinetoram, Flupiradifurona, Spirotetramat + tiaclopid, Indoxacarb, Fipronil; para adultos: Dimetoato, Fosmet), *Tratamiento 3- rotación 3* (T3) (para huevos: Tiaclopid, Buprofezina; para ninfas: Lambda.chialotrin, Spirotetramat + tiaclopid, Sulfoxaflor, Spinosad; para adultos: Bifentrina, Profenofos), *Tratamiento 4 - rotación 4* (T4) (para huevos: Teflubenzuron, Etoxazole; para ninfas: Lambda.chialotrin, Cipermetrina, Etopenfrox, Deltametrina; para adultos: Profenofos, Formatanato), *Tratamiento 5 - manejo agricultor* (T5), *Tratamiento 6 - testigo absoluto* (T6).

Se evaluó estas variables: número de huevos y ninfas de *B. cockerelli*, porcentaje de incidencia y severidad de PMP, rendimiento, prueba de fritura para visualización del síntoma de zebra chip y análisis económico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los mejores sistemas de rotación para el control de huevos de *B. cockerelli* fueron los tratamientos: T2, T3 y T4 con 70.68, 67.69 y 66.92% de control, respectivamente, con poblaciones correspondientes de 0.39,

0.43 y 0.44 huevos/planta en comparación al testigo absoluto que tuvo una población de 1.33 huevos planta⁻¹. Con respecto al control de ninfas, los mejores tratamientos fueron: T2, T1, y T3 con 86.01, 85.75 y 84.97% de control, respectivamente, cuyas poblaciones correspondientes fueron 0.54, 0.55 y 0.58 ninfas planta⁻¹ versus el testigo absoluto que tuvo 3.86 ninfas planta⁻¹. Lo cual muestra que los tratamientos T2 y T3 son efectivos en controlar los huevos y ninfas, por su variado modo de acción y su tiempo de persistencia.

Con respecto a la incidencia de PMP se observó que las rotaciones uno, dos y tres tuvieron la menor incidencia con 19.27, 19.47 y 20.33%, respectivamente, en tanto que el testigo alcanzó 37.77%. En relación con la severidad de PMP, las rotaciones uno y dos tuvieron 51.94 y 51.67% de severidad, respectivamente, en tanto que, el testigo absoluto alcanzó una severidad del 70.28%. Lo que muestra que los tratamientos donde se aplicaron insecticidas con diferentes modos de acción y persistencia fueron los menos afectados por el patógeno, lo que indica que al haber menos insectos hay menor transmisión de la enfermedad.

Los mayores rendimientos se alcanzaron en las rotaciones T1, T2 y T3 con 40.74, 38.89 y 37.53 t ha⁻¹, respectivamente, entretanto que el testigo absoluto tuvo un rendimiento del 28.37 t ha⁻¹; lo que indica que a menor infestación del insecto debido a la aplicación de insecticidas y menor grado de enfermedad de PMP hay mayor rendimiento. Por otra parte, en las pruebas de fritura realizadas no se observó ningún síntoma de pardeamiento característico de zebra chip.

La mejor tasa de retorno marginal se obtuvo con la rotación uno con 104.78%, seguido por las rotaciones dos y tres con el 99.54 y 95.65%, respectivamente.

CONCLUSIONES

Las mejores rotaciones para el control de huevos de *B. cockerelli* fueron las rotaciones dos (hexitiazox y thiocyclam) y tres (tiacloprid y Buprofezina), y para el control de ninfas las rotaciones dos (Spinetoram, Flupiradifurona, Spirotetramat + tiacloprid, Indoxacarb, Fipronil e Imidacloprid) y uno (Sulfoxaflor, Flupiradifurona, Spirotetramat + tiacloprid, Spinosad, Lambdacialotrin + thiamethoxam, Indoxacarb), además la mayor producción y tasa de retorno marginal se obtuvo con la rotación uno.

BIBLIOGRAFÍA

- Cuesta, X., Peñaherrera, D., Velásquez, J., y Castillo, C. 2018. Guía de manejo de la punta morada de la papa. Quito, Ecuador. 16 p.
- Dalgo, M. 2020. Evaluación de un sistema de manejo integrado de *Bactericera cockerelli* y su relación con punta morada de la papa en Tumbaco, Pichincha. Univ. Central del Ecuador – UCE, Facultad de Ciencias Agrícolas, Quito, Ecuador. 98 p
- Szczepaniec, A., Varela, K., Kiani, M., Paetzold, L., and Rush, C. 2019. Incidence of resistance to neonicotinoid insecticides in *Bactericera cockerelli* across Southwest U.S. *Crop Protection*, 116:188-195.

Evaluación del efecto de punta morada de la papa sobre el comportamiento agronómico y la transmisión de síntomas por tubérculo-semilla en la var. Superchola

Cecilia Monteros¹, José Velásquez¹, Andrés Araujo¹, Ney Paula¹ y Xavier Cuesta¹

¹ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Est. Exp. Santa Catalina, Quito, Ecuador. E-mail: xavier.cuesta@iniap.gob.ec.

Palabras clave: *Candidatus Liberibacter*, Fitoplasma, Semilla

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, la enfermedad denominada “punta morada de la papa” (PMP), ha ocasionado pérdidas en la producción de hasta el 100% y se reporta como agentes causales a los fitoplasmas y a *Candidatus Liberibacter solanacearum*, CaLso (Cuesta et al., 2021). Los síntomas son clorosis, enrollamiento de las hojas superiores, engrosamiento de los nudos del tallo, coloración morada en algunas hojas y formación de tubérculos aéreos; CaLso produce además brotes ahilados y el rayado de la pulpa del tubérculo (papa rayada) (Hernández et al., 2018; Rubio et al., 2013). Esta enfermedad, se transmite por semilla infectada y por insectos vectores como *Bactericera cockerelli* (Hernández et al., 2018, Rubio et al., 2011). Crosslin et al. (2011), indican que la transmisión del fitoplasma de tubérculos infectados a plantas hijas varía entre el 0% al 50%; mientras que, para Rubio et al. (2013), el porcentaje puede variar entre 0 a 5%, dependiendo de la variedad y año.

En la actualidad el control de PMP se basa en la aplicación periódica de insecticidas para controlar los posibles insectos vectores (Cuesta et al., 2021). Sin embargo, a pesar de que se reporta como otro medio de transmisión el uso de semilla proveniente de plantas con síntomas de PMP, en nuestro país no se conoce el porcentaje de esta forma de transmisión de la enfermedad. Información necesaria para fortalecer las recomendaciones de manejo integrado de PMP y con énfasis en la producción de semilla de semilla. Por lo que se plantea evaluar el porcentaje de transmisión de síntomas de PMP, a través de tubérculo semilla de proveniente de plantas con síntomas y evaluar su efecto sobre el comportamiento agronómico de la var. Superchola en dos ciclos de cultivo consecutivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó durante los años 2019 y 2020 bajo condiciones de invernadero en la Est. Exp. Santa Catalina del INIAP. Se realizaron aplicaciones quincenales de insecticidas para mantener el cultivo libre de insectos incluido *B. cockerelli*. El primer año, se evaluaron dos tratamientos T1 = Semilla certificada proveniente de plantas con síntomas de PMP y T2 = Semilla certificada sin síntomas. La unidad experimental fue una parcela de 2.4 m² con 16 plantas y 10 repeticiones por tratamiento. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Wilcoxon (Mann-Whitney) al 5% y correlación Pearson entre incidencia de PMP, altura de planta y rendimiento. En el segundo año, se utilizaron los tubérculos de la evaluación del 2019. Los tratamientos fueron T1 = semilla de plantas sin síntomas de PMP; T2 = semilla con síntomas leves; T3 = semilla de plantas con síntomas intermedios y T4 = semilla de plantas con síntomas severos.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental fue una parcela de 2.4 m² con 12 plantas, las variables que no presentaron distribución normal fueron transformadas mediante raíz cuadrada previo el análisis. Se realizó correlación Pearson al 5% entre incidencia de PMP, altura de planta y rendimiento. Las variables evaluadas en los dos ciclos fueron altura de planta (cm), rendimiento total y por categorías (g planta⁻¹) y porcentaje de brotación. Para incidencia, se contó el número de plantas con síntomas de PMP y se expresó en porcentaje, para severidad se utilizó una escala modificada a la propuesta por López (2007). El análisis de la información se realizó mediante el programa Infostat ver. 2018 (Di Renzo et al., 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ciclo 1

La prueba de Wilcoxon estableció para tratamientos diferencias significativas al 1% para altura de planta, rendimiento, papa comercial, papa desecho, tubérculos sin brotación e incidencia de PMP. Pearson al 5% estableció correlación negativa significativa al 1% (-0.86) entre altura de planta e incidencia de PMP, el tamaño de las plantas se redujo en 25% por efecto de PMP, resultados que concuerdan con lo mencionado por (Cuesta et al., 2020; Rubio et al., 2013), quienes indican que las plantas afectadas con PMP y papa rayada presentan enanismo, achaparramiento, disminución del vigor. Para rendimiento por planta, se observó una reducción del 25.2%. T1 alcanzó 1.017 kg planta⁻¹ y T2 1.360 kg planta⁻¹; además, se observó una correlación negativa al 1% entre rendimiento e incidencia de PMP (-0.77), los datos están dentro de los rangos reportados por Rubio et al. (2013), quienes mencionan que los rendimientos por efecto de PMP pueden disminuir entre 10 y 100%.

Al respecto de la variable incidencia de PMP fue de 29.4% para el tratamiento T2, este valor está dentro del rango reportado por Crosslin et al. (2011) de 0 a 50%. Para tubérculos sin brotación, se encontró que T1 presentó 9.5% de tubérculos sin brotación. Crosslin et al. (2011) y Rubio et al. (2011) indican que al sembrar tubérculos infectados con fitoplasma entre el 3.5 y 4.7% no brotan, mientras que, para Pitman et al. (2011), por efecto de CaLso, el valor es 6.4%.

Ciclo 2

El análisis de varianza estableció diferencias significativas al 1% para tratamientos en las variables rendimiento, papa comercial, papa desecho e incidencia de PMP y diferencias no significativas para papa semilla, altura de planta y tubérculos sin brotación. Pearson al 5%, estableció correlación negativa significativa al 1.0% entre incidencia de PMP y rendimiento (-0.95), papa comercial (-0.95) y altura de planta (-0.75) y correlación positiva entre incidencia de PMP y papa desecho (0.97). Los tratamientos T1 y T2 presentaron los mayores rendimientos (sobre 1.93 kg planta⁻¹) y porcentajes de papa comercial (sobre 58%), mientras que T4 presentó el menor rendimiento (0.95 kg planta⁻¹) y mayor porcentaje de papa desecho (38%).

El rendimiento se afectó en 6.3% (síntomas leves), 25.4% (síntomas intermedios) y 53.7% para síntomas severos. La transmisión de síntomas de PMP fue de 22.7%, comprado con el año 1 hubo una reducción del 23%. Crosslin et al. (2011) indican que el porcentaje de transmisión depende de la variedad y que para la variedad Ranger Russet el porcentaje de transmisión de fitoplasma a plantas hijas disminuyó en 30.0% el segundo año. El porcentaje promedio de transmisión de síntomas de PMP varió de 8 a 58% de acuerdo con la severidad de los síntomas de PMP, estos resultados confirman que existe transmisión de síntomas de PMP por tubérculo semilla, esto concuerda por lo mencionado por Hernández et al. (2018) que indican que PMP/papa rayada se transmite por semilla y que los tubérculos infectados son una fuente importante de inóculo para la propagación de fitoplasmas y CaLso.

La regresión lineal entre la incidencia y el rendimiento por planta establecieron que por cada 0.024% de incidencia el rendimiento se reduce en unidad y por cada 1.07 unidades de severidad el rendimiento por planta se reduce en una unidad.

Por lo anteriormente mencionado es importante que todos los involucrados en la producción y uso de semilla de calidad fortalezcan sus acciones para prevenir y controlar esta enfermedad mediante las recomendaciones de manejo integrado descritas en Cuesta et al., (2021).

CONCLUSIONES

Los síntomas de PMP evaluados en la var. Superchola en dos ciclos se transmitieron por tubérculo semilla. Por efecto de la PMP en la var. Superchola existe una reducción de la productividad, tamaño de planta y se incrementa el porcentaje de tubérculos desecho. El porcentaje de transmisión de síntomas de PMP en la var. Superchola se redujo el segundo año.

Existió una respuesta lineal negativa entre la severidad/incidencia y el rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Crosslin J., Hamlin L., Buchman, J., and Munyaneza, J. 2011. Transmission of potato purple top phytoplasma to potato tubers and daughter plants. *American J. Potato Res.* 88. 339-345. [10.1007/s12230-011-9199-y](https://doi.org/10.1007/s12230-011-9199-y).
- Cuesta X., Peñaherrera D., Racines M., Velásquez J., y Catillo, C. 2021. Guía de manejo de la punta morada de la papa. Manual técnico No 104. 2^{da} Ed. INIAP, Ecuador.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzalez L., Tablada, M., Robledo, C.W. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Univ. Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Hernández, V., Salas, M., Frías, G., Aguirre, A., Flores, A., Almeyda, H. 2018. Importancia de la semilla-tubérculo y la arvense *Lycium berlandieri* (Dunal) para Punta Morada/Zebra Chip de la Papa *Revista Biociencias* DOI: <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.05.nesp.e442>
- Pitman, A., Drayton, G, Kraberger, S., and Scott, I.A.W. 2011. Tuber transmission of *Candidatus Liberibacter solanacearum* and its association with zebra chip on potato in NewZealand. *Eur J Plant Pathol*, 129, 389–398. <https://doi.org/10.1007/s10658-010-9702-1>
- Rubio, O., Cadena, M. y Vázquez, M. 2013. Manejo integrado de la punta morada de la papa en el Estado de México. Folleto Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRCE. México. 40 p.
- Rubio, O., Almeyda, I, Cadena, A y Lobato, R. 2011. Relación entre *Bactericera cockerelli* y la presencia de *Candidatus Liberibacter psyllaourous* en lotes comerciales de papa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2(1):17-28.

Evaluación de la actividad biológica contra *Fusarium* sp partir de proteína residual de papa de las variedades Superchola y Violeta obtenida mediante tratamiento térmico

Gissella Guapas¹, Sania Ortega^{1,2,3}, Gabriel Chimbo^{1,2,3} y Santiago Zarate^{1,2,3}

¹ Univ. Técnica del Norte – UTN. Facultad de Ing. en Ciencias Agropecuarias y Ambientales – FICAYA. Ibarra, Ecuador. E-mail: gsguapast@utn.edu.ec

² Grupo de Investigación de Ciencia en Red (eCIER)

³ Grupo de Investigaciones Ambientales y Biotecnológicas (GIAB)

Palabras clave: Biorrefinería, Compuestos bioactivos, Proteína, Tubérculos

INTRODUCCIÓN

En términos de consumo humano la papa es el tercer cultivo más importante del mundo después del arroz y el trigo (Eraso-Grisales et al., 2019). En términos productivos en Ecuador destacan las provincias de Carchi, Cotopaxi y Chimborazo con una superficie sembrada de papa a nivel nacional de 26 ha, donde el 46% de la producción total se concentra en la provincia del Carchi (INEC, 2021). En particular, en esta provincia los cantones de Tulcán, Espejo y Montufar son los de mayor aporte en la siembra de este tubérculo Andino. Las semillas de la var. Superchola es la más cultivada en estos lugares por su conocido nivel de producción, resistencia a enfermedades y por su demanda en mercado (Solano, 2018). Sin embargo, el Banco Central del Ecuador (2020), indica que la superficie de siembra se ha reducido en un 30% debido a la afección de plagas y que la productividad sigue la misma tendencia.

Los cultivos de papa son susceptibles a una variedad de patógenos incluyendo hongos, bacterias y virus causantes de enfermedades en diferentes etapas de cultivo. Entre los hongos patógenos se destacan: *Rhizoctonia*, *Verticillium* y *Fusarium* (MAG, 2019). Las especies de *Fusarium* son causantes de una gran cantidad de enfermedades en cultivos de todo el mundo comprometiendo la economía del sector productivo debido a que las afecciones al cultivo son de carácter irreversible (Villa-Martínez et al., 2014). En el caso de la papa, *Fusarium* causa el marchitamiento de la planta en el campo y la pudrición seca del tubérculo durante el almacenamiento. Además, se conoce que este hongo genera micotoxinas que contaminan al tubérculo comprometiendo la salud de los consumidores (Azil, 2021).

El control de plagas se lo realiza con varios métodos; sin embargo, el uso de químicos es el más común. Para combatir enfermedades fúngicas, el agricultor utiliza fungicidas comerciales como Benalaxil, Tiabendazol, Zoxamida algunos de ellos de alta toxicidad (Villacrés, 2014). Estos insumos, provocan enfermedades en los agricultores que pueden ser leves como ronchas en las manos, pecho, dolores de cabeza, náuseas, irritación de ojos, garganta, diarrea, además de complejas como supresión inmune, trastornos hormonales, anomalías congénitas, problemas reproductivos y diferentes cánceres. Además de las afecciones en salud, la persistencia, lenta degradación y alta estabilidad química de algunos agroquímicos los convierten en una amenaza para el ambiente (Polanco et al., 2019).

Como alternativa al uso de químicos, la presente investigación evaluó la actividad biológica de la proteína residual del jugo de papa contra *Fusarium* considerando estudios preliminares de (Bártová et al., 2018). La elección de este fitopatógeno respondió a su inmediata disponibilidad y manipulación en el laboratorio dentro de la experimentación. Para ello, se seleccionaron dos variedades representativas de papa provenientes de la provincia del Carchi: Superchola y Violeta. A continuación, se separó el almidón de cada muestra por variedad. La porción líquida sobrante que contenía la proteína soluble se sometió a tratamiento térmico y su posterior cuantificación mediante un método colorimétrico. Para finalizar, se separaron fracciones de proteínas por diálisis para analizar la actividad biológica contra *Fusarium* sp.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en la comunidad El Chamizo, sector El Dorado, cantón Montúfar, provincia del Carchi al Norte del Ecuador 585992.9, 191744.1 Este, a 2940 msnm. Se seleccionaron dos variedades de papas, una comercial: Superchola, y otra nativa: Violeta. Se recolectaron cuatro tubérculos maduros de 50 g cada uno. Por otro lado, el hongo *Fusarium* sp. usado para las pruebas de actividad antagonista de la proteína se lo obtuvo del banco de microorganismos del laboratorio de Biotecnología Aplicada de la UTN. El análisis proximal de los tubérculos seleccionados se realizó en el INIAP-Santa Catalina para evaluar el contenido de humedad, proteína, lípidos, extracto etéreo, ceniza y extracto libre de N.

El proceso inició con la extracción de almidón por el método húmedo (decantación natural) descrito por Morales (2012). Del jugo de papa remante se extrajo la proteína. Para ello, se trabajó con 90 ml de este jugo ajustando a un pH de 4 mediante H_2SO_4 0.5M. A continuación, se realizó un tratamiento térmico a 50, 75 y 100 °C para obtener proteínas solubles del jugo. Las muestras fueron centrifugadas dos veces a 1600 y 3600 G por 15 y 20 min, respectivamente. Se extrajo el sobrenadante y el contenido de proteína se cuantificó por el método de Bradford (Bio Basic Inc, Better Bradford Protein Assay Kit, SK 3041.) a 595 nm. Además, para identificar el perfil de proteínas en función del peso molecular procedente de cada tratamiento térmico por variedad evaluada se procedió con una electroforesis vertical de SDS-PAGE (Menard, 2002), realizada en colaboración con el laboratorio LABIV-ESPE.

La actividad antifúngica se determinó colocando la proteína en el medio de cultivo con tres repeticiones por tratamiento. Se dividió las cajas preparadas con medio agar papa dextrosa (PDA) (DifcoTM Potato Dextrose Agar) en cuatro cuadrantes (coordenadas x e y). Luego se inoculó *Fusarium* sp en la coordenada 0.0 con capilar. Las placas se incubaron a 26 °C (ME MMERT Tv 400). Se midió el crecimiento radial (Vernier Digital Caliper 0-150 mm) durante 5 d en intervalos de 24 h. Para establecer diferencias significativas se aplicaron pruebas de estadística paramétricas como t de Student para muestras independientes en el caso del análisis de contenido de almidón. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) ajustado a un diseño de bloques completos al azar (DBCA) para los contenidos proteicos y pruebas de inhibición. Además, se aplicaron pruebas de significancia Tukey (5%) en todas las fuentes de variación que resultaron significativas después de la realización del ANOVA con un $p \leq 0.5$. Utilizando el programa IBM SPSS Statics 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis proximal demostró valores semejantes de proteína en pulpa de Superchola y en Violeta con 0.124 y 0.108 g g⁻¹, respectivamente. Brito (2004) reporta en otros tubérculos valores de proteína entre 9 a 10% semejantes a los obtenidos en este trabajo. Mientras que para el almidón la prueba t de Student reportó que no existen diferencias significativas ($t = -0.383$; $gl = 4$; $p = 0.673$). Superchola presentó un contenido de 13.84 g DW y Violeta 11.46 g DW para almidón. El contenido de almidón varía de acuerdo con el tipo de papa como menciona Melina (2010), en su estudio indica que las papas nativas pueden contener 16 g, mientras que variedades comerciales hasta 29g, caso similar al de esta investigación debido a que en la variedad comercial se obtuvieron valores de almidón superiores al de la variedad nativa.

Se encontraron diferencias significativas en el contenido proteico para el factor temperatura ($F = 143.82$; $gl = 2, 10$; $p \leq 0.001$) y para la interacción variedad y temperaturas ($F = 11.09$; $gl = 2, 10$; $p = 0.003$). La prueba de Tukey (5%) resultó en tres rangos de significancia, en el primer nivel se ubicó Superchola con extracción a 50 °C (8.6 mg), por otra parte, al final se ubicó Superchola con extracción a 100 °C (4.6 mg). Con respecto a que Superchola presentó cantidades de proteína soluble superiores a las de Violeta, citamos el estudio de Bradshaw, Bryan, y Ramsay (2006), quienes expresan que al realizar mejoramientos genéticos se puede potenciar la expresión de proteínas en variedades.

Mediante el análisis de electroforesis vertical SDS-PAGE se determinó que el método de extracción a 50 °C obtuvo proteínas en un rango de 10 a 100 kDa para las dos variedades. Por otra parte, con el método a 75 °C se extrajo proteínas en rangos de 10 hasta 25 kDa. Para finalizar, a 100 °C generó un rango de proteínas de 10 a 15 kDa. En los estudios de Ralet y Guéguen (2000), demuestra que a 40 °C la proteína muestra una solubilidad del 60%, mientras que a 80 °C presenta 43% de solubilidad. De manera similar,

Pots (1999), indica que a temperatura mayor a 70 °C se produce degradación de proteínas > 20 kDa. Mientras que David y Livney (2016), recuperaron proteínas de 6-8 kDa a temperaturas de 50 a 100 °C.

La actividad antifúngica de las fracciones proteicas de Superchola en los días evaluados presentó actividad lineal, hasta el tercer día tenía un crecimiento lento para luego mostrar una pendiente más pronunciada. A diferencia con la actividad de la variedad Violeta, presentó un crecimiento exponencial hasta el día 3 para luego estabilizarse entre el día 3 y 4. Las tres variables seleccionadas (variedad, tiempo y tipo de proteína) poseen coeficientes de regresión parcial significativos ($R^2 = 0.83$, $p \leq 0.001$) para la variable tiempo siendo esta la que más se ajusta a la ecuación.

Se encontraron diferencias significativas para el día uno, tanto para variedad ($F = 53.15$; $gl = 1$; $p < 0.001$), tipo de proteína ($F = 3.95$; $gl = 2$; $p = 0.029$) e interacción entre proteína y variedad ($F = 3.50$; $gl = 2$; $p = 0.042$). De igual manera para el día tres evidenció diferencias significativas para variedad ($F = 20.34$; $gl = 1$; $p = 0.001$). Además, los ensayos reportaron que las proteínas totales de Superchola presentaron mayor inhibición del crecimiento del hongo fitopatógeno. Mientras que, el último día evaluado, ANOVA marcó diferencias significativas entre variedad ($F = 419.82$; $gl = 1$; $p < 0.001$) y proteína ($F = 37.07$; $gl = 2$; $p < 0.001$), proteína total de Violeta presentó mayor inhibición. Las fracciones de proteína aisladas difieren en relación con su estabilidad funcional y capacidad para mantener la integridad estructural en dependencia de temperaturas crecientes (Bártová et al., 2018). Por lo que se presume que la baja actividad inhibitoria de las proteínas obtenidas a 100 °C pudo ser por la pérdida estructural y funcional.

CONCLUSIONES

Este trabajo demostró que el contenido de proteína decrece a medida que se incrementa la temperatura. Las proteínas obtenidas de las dos variedades presentan un peso que va desde 150 hasta 10 kDa, siendo la más abundante la de 50 kDa tanto en Superchola como en Violeta. La proteína residual como tratamiento inhibitorio para *Fusarium* sp. funcionó de manera diferencial, siendo mejor el tratamiento a 75 °C. La actividad inhibitoria conferida por proteína residual de papa de variedad Violeta fue más efectiva que la variedad comercial, por lo que podría ser utilizada como alternativa sostenible y evitar el uso inadecuado de insecticidas.

BIBLIOGRAFÍA

- Azil, N., Stefańczyk, E., Sobkowiak, S., Chihat, S., Boureghda, H., and Śliwka, J. 2021. Identification and pathogenicity of *Fusarium* spp. associated with tuber dry rot and wilt of potato in Algeria. *European J. Plant Pathol.* 159(3):495-509.
- Banco Central del Ecuador - BCE. 2020. Reporte de coyuntura sector coyuntura. Retrieved from www.bce.ec
- Bártová, V., Bárta, J., Vla, A., and Kone, H. 2018. Proteomic characterization and antifungal activity of potato tuber proteins isolated from starch production waste under different temperature regimes. *Applied Microbiology and Biotechnology* (Ryan 1990). <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9373-y>
- Bradshaw, J.E., Bryan, G.J., and Ramsay, G. 2006. Genetic resources (including wild and cultivated *Solanum* spp.) and progress in their utilisation in potato breeding. *Potato Research*, 49(1):49-65. <https://doi.org/10.1007/s11540-006-9002-5>
- Brito., S.E.E.V.B. 2004. Caracterización físico - química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos. Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. pp. 91-116 (en línea). Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n3/v6n3a4.pdf>
- David, S., and Livney, Y.D. 2016. Potato protein based nanovehicles for health promoting hydrophobic bioactives in clear beverages. *Food Hydrocolloids*, 57:229-235. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.01.027>
- Eraso-Grisales, S., Mejía-España, D., and Hurtado-Benavides, A. 2019. Extracción de glicoalcaloides de papa nativa (*Solanum phureja*) variedad ratona morada con líquidos presurizados. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 48(1):181-197. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v48n1.80074>

- Inst. Nacional de Estadísticas y Censos - INEC. 2021. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua 2020.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería - MAG. 2019. Informe de rendimientos de papa en el Ecuador 2017. *Mag*, 66, 37-39.
- Melina, D. 2010. Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de Chile y dos variedades comerciales. Univ. Austral de Chile.
- Menard, R. 2002. Malaria Methods and protocols 2nd Ed. Tricine_SDS-PAGE, 869. <https://doi.org/10.1007/978-1-61779-821-4>
- Polanco, A., Magaña, T., Cetz, J., and Quintal, R. 2019. Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán, México Use of carcinogenic agrochemicals in the agricultural region of Yucatan, Mexico. *Centro Agrícola*, 46(2):72–83 (en línea). Disponible en: <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Pots, K.K.E.G.H.G.A.V.A. 1999. Thermal aggregation of patatin studied in situ. *J. of Agri. and Food Chemistry*, 47(11),4600–4605. <https://doi.org/10.1021/jf9901901>
- Ralet, M.C., and Guéguen, J. 2000. Fractionation of potato proteins: Solubility, Thermal coagulation, and emulsifying properties. *LWT - Food Science and Technology*, 33(5):380–387 (en línea). Disponible en: <https://doi.org/10.1006/fstl.2000.0672>
- Solano, E. 2018. Evaluación de cuatro densidades de siembra de papa (*Solanum tuberosum* L.) var. Superchola, categoría básica, para la producción. En: Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Armando Morales-Morales, H., Basurto-Sotelo, M., Manuel Soto-Parra, J., y Martínez-Escudero, E. (eds.). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales Current situation of *Fusarium* spp in the control and evaluation of the antifungal activity on vegetables extracts. México. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/acag.v64n2.43358>
- Villacrés, N. 2014. El uso de plaguicidas químicos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), su relación con el medio ambiente y la salud. En: *Repo.Uta.Edu.Ec* (Vol. 593, Número 03). Univ. Técnica de Ambato - UTA, Facultad. Semilla Registrada, en el Cantón Bolívar, Carchi.
- Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Armando Morales-Morales, H., Basurto-Sotelo, M., Manuel Soto-Parra, J., y Martínez-Escudero, E. 2014. Situación actual en el control de *Fusarium* spp. y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales Current situation of *Fusarium* spp in the control and evaluation of the antifungal activity on vegetables extracts. México. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/acag.v64n2.43358>

IX CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA

Agrobiodiversidad y Nutrición

ARTÍCULOS SESIÓN

POSCOSECHA, AGROINDUSTRIA, ALMACENAMIENTO Y VALOR NUTRITIVO

Efecto genotipo–ambiente–fertilización sobre el contenido de antioxidantes y glucosa en dos genotipos de papa criolla colombiana

Luis F. Valencia¹, Laura I. Latorre¹, Diego M. Trejo¹ y Diego F. Mejía¹

¹ Facultad de Ing. Agroindustrial, Univ. de Nariño, Pasto, Colombia. E-mail: lfvalenciaf@udenar.edu.co

Palabras clave: Antioxidantes, Glucosa, ABTS, DPPH, Fenoles.

INTRODUCCIÓN

La capacidad para adaptarse a múltiples ambientes y su plasticidad convierten a la papa en un cultivo básico para la seguridad alimentaria y nutricional (Burgos et al., 2020), sin embargo, autores consideran que el efecto del estrés sobre la composición nutricional de las plantas se conoce poco y necesita más investigaciones (Evers et al., 2012) porque la composición de los tubérculos varía según el cultivo, las prácticas agrícolas, el clima, el suelo y el estrés ambiental. Diferentes estudios han demostrado que existe un claro efecto de la ubicación del cultivo en el potencial de formación de precursores de acrilamida (Muttucumaru et al., 2017); además la acumulación de compuestos fenólicos, que influyen en la capacidad antioxidante, cambia debido a la variación de los genotipos y el medio ambiente (Al-Meraj et al., 2018; Cerón-Lasso et al., 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para establecer el efecto de la interacción entre el ambiente, variedad y fertilización sobre el contenido de glucosa (% GI), materia seca (% MS) y actividad antioxidante expresada como ABTS, DPPH y Fenoles totales (F) en los tubérculos de dos variedades de papa criolla se instalaron ensayos de plantas expuestas a tres condiciones diferentes de fertilización en tres localidades en el Depto. de Nariño, donde las variables independientes fueron Genotipos de papa: Ratona Morada (RM) y Morasurco (M), Ambientes de siembra: Guaitarilla (G), Providencia (P) y Guachucal (Gc), y 3 Niveles de fertilización: 1 = correspondiente a la recomendación dada de acuerdo con el análisis de suelos con respecto a la quinta aproximación del Inst. Colombiano Agropecuario, 2 = correspondiente al 50% de los requerimientos de N-P-K para una producción de 40 t ha⁻¹ y 3 = correspondiente al 75% de los requerimientos. El contenido de materia seca se determinó en una balanza de humedad, la glucosa se extrajo del tejido molido liofilizado en medio acuoso y se determinó el porcentaje de GL por reflectometría; el contenido de Fenoles totales se determinó por el método de Folin-Ciocalcetu y la actividad antioxidante se determinó por los métodos ABTS y DPPH; se realizó un ANOVA multifactorial para determinar cuáles factores tienen un efecto significativo en los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA multifactorial encontró que para el porcentaje de MS el efecto principal es la variedad y sus interacciones con localidad y fertilización; todos los factores son significativos sobre el porcentaje de GI; variedad y localidad afectan el contenido de ABTS, mientras que la variedad y su interacción con localidad influyen sobre F y DPPH.

El mayor valor en porcentaje de MS es para RM en la localidad P con el nivel de fertilización 3, según el análisis RM presenta mayor nivel de porcentaje de MS frente a M, en localidades no hay diferencia significativa y por nivel de fertilización es mayor el nivel 1. En promedio la variedad RM tiene mayor contenido de %GI y en la localidad de P se registran los mayores valores. El mayor contenido de ABTS es para M, la localidad es Gc y el nivel con mayor contenido es 1 aunque sin diferencias significativas con los otros niveles. Para DPPH el mayor valor en promedio es RM, la localidad que más influye es Gc y el nivel

es el 1 sin diferencias con el nivel 2 pero si con el nivel 3. El mayor contenido de fenoles es para M, entre localidades no hay diferencias significativas, un poco menor en P, y el nivel 3 es un poco mayor, aunque sin diferencias significativas frente a los otros niveles.

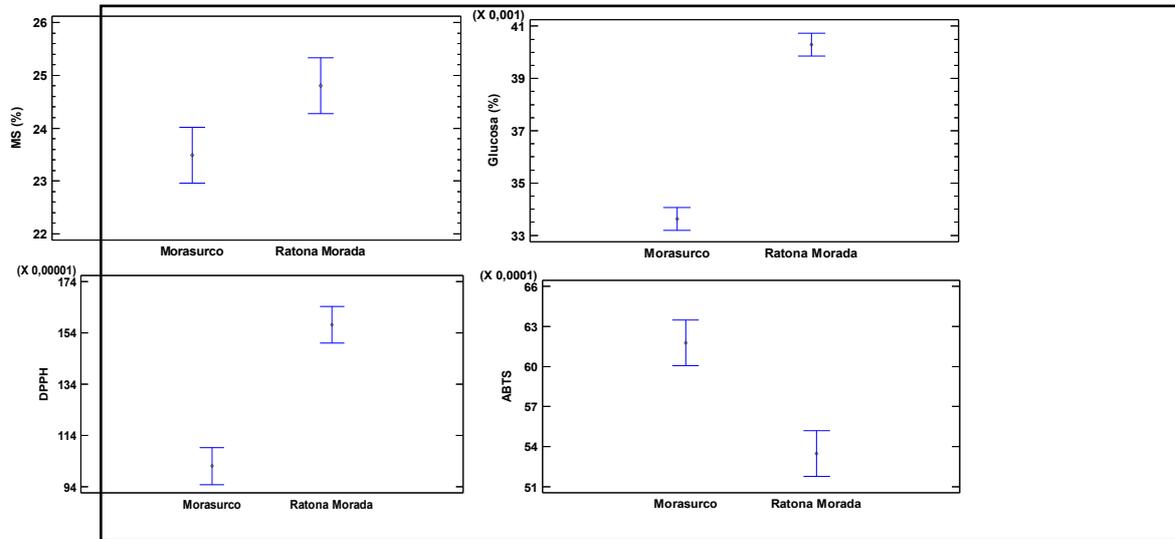


Fig. 1. Gráfico de Medias por Genotipo para las variables estudiadas contenido de materia seca (MS), glucosa, DPPH, ABTS.

CONCLUSIONES

Se evidenció que entre los dos genotipos en estudio existen diferencias significativas para todas las variables, mientras que la fertilización y las localidades solo afectaron significativamente algunas de las variables. Los niveles de fertilización aplicados a los genotipos evaluados no presentan influencia significativa para la síntesis de glucosa, precursor para la formación de acrilamida y compuestos antioxidantes en tubérculos de papa. Las condiciones del suelo pueden influir sobre la facilidad de asimilación de algunos nutrientes por las plantas, con lo cual la variación de niveles de fertilización no resulte significativa.

BIBLIOGRAFÍA

- Burgos, G., Zum Felde, T., Andre, C. and Kubow, S. 2020. The Potato and its contribution to the human diet and health in the potato crop, its agricultural, nutritional, and social contribution to humankind. Hugo Campos and Oscar Ortiz (ed.), ISBN: 978-3-030-28683-5.
- Evers, D., and Deußer, H. 2012. Potato antioxidant compounds: Impact of cultivation methods and relevance for diet and health, nutrition, well-being, and health. Jaouad Bouayed (ed.), ISBN: 978-953-510125-3.
- Muttucumaru, N., Powers, S., Elmore, J.E., Dodson, A., Mottram, D.S., Halford, N.G., and Briddon, A. 2017. Food Chemistry, 220:76-86.
- Al-Meraj, S.M.Z., Ghosh, T.K., Islam, A.K.M.A. and Mohi-Ud-Din, and M. Bangladesh. 2018. J. Agril. Res. 43(3):369-381.
- Cerón-Lasso, M., Alzate-Arbeláez, A.F., Rojano, B.A., and Ñuztez-Lopez, C.E. 2018. Información Tecnológica, 29(3):205-216.

Valoración de la calidad de papa criolla cocida en el Departamento de Nariño, Colombia

Laura Latorre¹, Diego Mejía¹, Diego Trejo¹ y Luis Valencia¹

¹ Univ. de Nariño, Colombia. E-mail: lilatorrev@udenar.edu.co

Palabras clave: Cocción, Cualidades, *Solanum phureja*.

INTRODUCCIÓN

La papa es un alimento básico para la humanidad debido a que presenta amplia versatilidad para su preparación en alimentos y bajo costo de adquisición (Landeta et al., 2017), es una fuente de carbohidratos, proteína, vitaminas y minerales, que, dependiendo del proceso de cocción, de sus características morfológicas, nutricionales y condiciones de cultivo, puede presentar efectos positivos o negativos sobre su composición (Yang, 2015). La cocción como un método tradicional, se realiza a 100 °C y a presión atmosférica, lo cual le atribuye características organolépticas propias del tubérculo, destacándose la textura que se asocia al contenido de sólidos secos y el almidón (Crespo et al., 2012). En consecuencia, es importante estudiar las características sensoriales de las papas cocidas, con el fin de determinar posibilidades de uso que puedan potenciar el consumo de estos tubérculos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Veinte genotipos de papa criolla se sometieron a cocción al vapor durante 25 min a presión atmosférica, con agua corriente sin sal. Se evaluaron cualidades como desintegración, consistencia, harinosidad, humedad, estructura, oscurecimiento y sabor (Tabla 1) (Valdunciel, 2000). Con los datos obtenidos se realizó un Análisis Descriptivo mediante tablas de frecuencia con datos categóricos.

Tabla 1. Método de valoración de papa cocida

| Cualidades | Leyenda | | | |
|----------------|-------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Desintegración | A: Nula | B: Ligera | C: Moderada | D: Completa |
| Consistencia | A: Bastante firme | B: Firme | C: Bastante blanda | D: Blanda |
| Harinosidad | A: No harinosa | B: Ligeramente harinoso | C: Harinosa | D: Muy harinosa |
| Humedad | 1: Húmeda | 2: Ligeramente húmeda | 3: Ligeramente seca | 4: Seca |
| Estructura | A: Bastante firme | B: Fina | C: Poco fina | D: No fina |
| Oscurecimiento | 1: Sin oscurecer | 2: Ligeramente oscurecida | 3: Moderadamente oscurecida | 4: Muy oscurecida |
| Sabor | 1: Neutro | 2: Bastante pronunciado | 3: Pronunciado | 4: Fuerte |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los criterios de evaluación que pueden ser considerados como idóneos en el caso de la papa cocida, son a los que se les asigno valores de 1 o A (Valdunciel, 2000). Los genotipos de papa criolla evaluados presentaron en su gran mayoría una desintegración nula, consistencia firme, ligeramente harinosos, húmedos, de estructura fina, no presentan oscurecimiento de la pulpa y tiene un sabor neutro (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de frecuencia para las cualidades evaluadas

| Categoría | Desintegración | | Consistencia | | Harinosidad | | Estructura | |
|-----------|----------------|------|--------------|------|-------------|------|------------|------|
| | F | FR | F | FR | F | FR | F | FR |
| A | 13 | 0,65 | 1 | 0,05 | 9 | 0,45 | 20 | 1 |
| B | 6 | 0,30 | 15 | 0,75 | 11 | 0,55 | 0 | 0,00 |
| C | 1 | 0,05 | 4 | 0,20 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| D | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |

| Categoría | Humedad | | Oscurecimiento | | Sabor | |
|-----------|---------|------|----------------|------|-------|------|
| | F | FR | F | FR | F | FR |
| 1 | 13 | 0,65 | 20 | 1 | 18 | 0,90 |
| 2 | 7 | 0,35 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 2 | 0,10 |
| 4 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 | 0 | 0,00 |

Dónde: F = Frecuencia; FR = Frecuencia Relativa

Diferentes autores han evaluado métodos de cocción con fines de caracterizar la calidad de cocción y su efecto sobre las características y composición de los tubérculos (Crespo et al., 2012; Landeta et al., 2017; Yang, 2015).

CONCLUSIONES

Con la valoración de cualidades en papa cocida permite establecer la utilidad de los diferentes genotipos según su evaluación, con resultados idóneos pueden prepararse ensaladas, con calificaciones más bajas, sirven para elaboración de purés, y valoraciones intermedias permiten preparaciones múltiples y asados.

AGRADECIMIENTO

Al Sistema General de Regalías, a la Gobernación de Nariño, a la UniV. de Nariño y al grupo de investigación Tecnologías Emergentes en Agroindustria.

BIBLIOGRAFÍA

- Crespo, G, García, O., Martínez, J. 2012. Estudio del proceso de cocción en patata "Violette" (*Solanum tuberosum* var. Blue). Tesis de Maestría. Univ. Politécnica de Valencia, España, 20 p.
- Landeta, M., Pighín, A., Gómez, G. 2017. Contenido de minerales en papas crudas, procesadas industrialmente y cocidas por diferentes métodos. *Diaeta* (B. Aires), 35(159):17-24.
- Valdunciel, J. 2000. Métodos de valoración para las patatas. Inst. Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria – INIA. 13 p.
- Yang, Y. 2015. Study of effects of cooking methods on physical properties and bioactive compounds in selected potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.). Tesis Doctoral, 168 p.

Efecto del proceso de fritura en 9 genotipos de papa criolla (*Solanum phureja*)

Diego Trejo¹, Luis Valencia¹, Laura Latorre¹ y Diego Mejía¹

¹ Facultad de Ing. Agroindustrial, Univ. de Nariño, Pasto, Colombia. E-mail: dmtrejoe@udenar.edu.co

Palabras clave: Agroindustria, Calidad fritura, Papas fritas

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las personas requieren de alimentos de fácil manejo y consumo. Esta tendencia ha generado un gran crecimiento de los alimentos listos para el consumo. Los “snack” se definen como productos fáciles de manipular, constituidos en porciones individuales, que no requieren preparación y satisfacen el apetito en corto plazo. Las papas fritas presentan una participación del 55.97%. Este producto es obtenido de papas sanas, lavadas, peladas, cortadas y fritas en aceites y grasas vegetales comestibles (Pinedo Manrique, 2009). Al freírse, las papas pierden agua por evaporación y absorben aceite, entre el 30 y 40% del producto final frito. Con la fritura, parte de la vitamina C que contiene la papa se pierde, aunque se conservan las vitaminas hidrosolubles, presentes en pequeña cantidad (Carbonell-Capella et al., 2014).

El cultivo de papa es de gran diversidad genética, lo que presenta una amplia disponibilidad de variedades nativas con elevados contenidos de almidón, vitaminas, minerales, fibra y una fuente de antioxidantes naturales (Moreno-Guerrero et al., 2015). Por otra parte, es importante que los productores cuenten con variedades adecuadas, tanto para el procesamiento como para el consumo fresco, o de doble propósito (Martínez y Ligarreto, 2005). En ese sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar parámetros de calidad de fritura a 9 genotipos de papa criolla (*Solanum Phureja*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 9 genotipos de papa criolla (Aguacata, Botella Roja, Chaucha, Jardinera, Kurikinga M1, Kurikinga M5, Leona, Ratona Morada y Visinia) provenientes de la granja Experimental Botana de la Univ. de Nariño, Colombia; ubicada en el municipio de Pasto a 2820 msnm, temperatura promedio de 12 °C. El aceite de fritura utilizado fue de girasol. Los tubérculos se cortaron rebanadas con espesor de 2 mm, se llevaron a una freidora convencional con una capacidad 5 litros de aceite. La evaluación del proceso de fritura se realizó mediante un diseño completo al azar en función de las variables independientes (Genotipo) y variables dependientes (tiempo de fritura, textura, humedad chips y contenido de aceite en los chips).

A los snack se les determinó: Tiempo de fritura para este ensayo se colocó a freír las rebanadas a 176–180 °C hasta que el aceite termine de burbujear (CIP, 2010); la textura se determinó mediante la fuerza de fractura del chip de papa, en un analizador de textura LLOYD LS1, con una celda de carga de 25 kgf y un accesorio Crisp Fracture Jig 01/2658, velocidad pretest de 5 mm/s, test y postest = 1 mm s⁻¹ y una distancia de penetración de 5 mm (García-Segovia et al., 2016); la humedad de los chips se determinó llevando 2 g de muestra a una estufa a 95 °C durante 5 h (Método 930.04 - AOAC, 1990) y contenido de aceite en los chips por extracción en Soxhlet utilizando como solvente éter de petróleo (Método 920.39C - AOAC 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las variables dependientes presentaron una diferencia significativa ($P < 0.05$) de los genotipos evaluados. Siendo los valores medios de los parámetros estudiados en los genotipos los siguientes: Los tiempos de fritura se encuentran en el rango entre 3283 ± 0.093 min para Aguacata y 4340 ± 0.023 min para Kurikinga M1. Según Martínez y Ligarreto (2005) el tiempo de fritura ideal es entre 3.28 y 4.34 min, este parámetro influye en los costos de procesamiento. La humedad de los chips entre $1.703 \pm 0.183\%$

para Aguacata y $2.893 \pm 0.012\%$ para Chaucha; la textura expresada como fuerza de fractura del chip entre 2.796 ± 0.162 N para Aguacata y 5.413 ± 0.715 N para Ratona Morada. La textura es un parámetro muy importante de calidad en los alimentos, en especial donde los consumidores esperan una textura crujiente (Van Koerten et al., 2015), los valores encontrados en el genotipo Ratona Morada son muy similares a los encontrados en snack de la variedad Primavera (5.45 N) (Gallón et al., 2018), correspondientes a la mejor textura. El contenido de aceite de los chips entre $35.533 \pm 0.623\%$ para Kurikinga M1 y 47.300 ± 0.700 para Chaucha. Yagua y Moreira (2011) encontraron un contenido de aceite de 41% en snack de papa de Frito-Lay North América. El cual se encuentra entre los resultados obtenidos en el presente estudio.

CONCLUSIONES

Los genotipos que presentaron los mejores parámetros de calidad para fritura fueron: Kurikinga M1, Ratona Morada y Chaucha, se resalta el bajo contenido de aceite del genotipo Kurikinga M1. Estos resultados aportan a la identificación de genotipos promisorios para la Industria, buscando generar valor agregado e impactar de forma positiva a la cadena productiva de la papa.

AGRADECIMIENTO

La investigación se realizó en el marco del Proyecto “Mejoramiento Tecnológico y Productivo del Sistema Papa en el Depto. de Nariño”, financiado por el Sistema General de Regalías FCTel - Gobernación de Nariño, con el apoyo del Grupo de Investigación Tecnologías Emergentes en Agroindustria de la Univ. de Nariño.

BIBLIOGRAFÍA

- Association of Official Agricultural Chemists – AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C. 15(1):136–138.
- Carbonell-Capella, J.M., Esteve, M.J., and Frígola, A. 2014. Snacks de patatas fritas y productos derivados, estudio de mercado. Aceptación en una alimentación saludable. Revista Española de Nutrición Comunitaria, 20(3):99–108. <https://doi.org/10.14642/RENC.2014.20.3.5020>.
- Centro Internacional de la Papa – CIP. 2010. Procedimientos para pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa.
- Gallón, M., Cortés, M., and Cotes, J. 2018. Influence of vacuum deep fat frying process on quality of potato variety primavera snacks: A functional food with antioxidant properties. Contemporary Engineering Sciences, 11(51):2537–2549.
- García-Segovia, P., Urbano-Ramos, A.M., Fiszman, S., and Martínez-Monzó, J. 2016. Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried cassava chips (*Manihot esculenta* Crantz). LWT - Food Science and Technology. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.014>.
- Martínez, N.M., y Ligarreto, G.A. 2005. Evaluación de cinco genotipos promisorios de papa *Solanum tuberosum* sp. andigena según desempeño agronómico y calidad industrial. Agronomía Colombiana, 23(1):17–27.
- Moreno-Guerrero, C. Andrade-Cuvi, M.J. Oña-Pillajo, G. Llumiquinga-Hernández, T., y Concellón, A. 2015. Composición química y capacidad antioxidante de papas nativas. Revista Científica Ecuatoriana, 2(2):2193.
- Pinedo Manrique, M. 2009. Plan de mercadeo para el lanzamiento y la comercialización de un nuevo producto. Rueditas de banano verde, “green bananas. Univ. Javeriana.
- Van Koerten, K.N., Schutyser, M.A.I., Somsen, D., and Boom, R.M. 2015. Crust morphology and crispness development during deep-fat frying of potato. Food Res. International J. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.022>.
- Yagua, C.V., and Moreira, R.G. 2011. Physical and thermal properties of potato chips during vacuum frying. J. of Food Engineering, 104(2):272–283. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.12.018>.

Evaluación de tres técnicas ancestrales de almacenamiento con dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* spp.) en Tambillo, Mejía, Pichincha 2020

Bryan Villota¹, Giovana Parra¹, Guadalupe López¹, Clever Castillo¹ y Guido Yauli¹

¹ Univ. Técnica de Cotopaxi – UTC. Carrera de Agronomía. Latacunga, Ecuador. E-mail: bryan.villota1962@utc.edu.ec

Palabras clave: Postcosecha, Putza, Yatas

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* spp.) es uno de los productos que se consume y se comercializa con frecuencia en Ecuador. El Inst. Nacional de Estadísticas y Censos (INEN) reporta una producción promedio de 480000 ton y una productividad 7.7 ton ha⁻¹. En la demanda nacional del producto, el 74% es consumo doméstico, el 9% consumo industrial y el 17% semilla, con un promedio de 30 kg de papa para cada persona al año (Basantes, 2016).

La papa luego de la cosecha inicia su proceso de madures fisiológica generando perdida del producto como verdeamiento, brotación, pérdida de peso entre otros, lo que limita el tiempo de almacenamiento y distribución en el mercado perjudicando la calidad del producto (Naranjo et al., 2002). Para minimizar el 75% de los problemas que se genera en postcosecha de la papa, se han evaluado técnicas de almacenamiento yatas, putzas y cuarto oscuros en las variedades Superchola y Chaucha amarilla, generando a su vez un costo por tratamiento (Pumisacho & Sherwood, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el barrio El Belén ubicado en la parroquia de Tambillo, cantón Mejía, provincia de Pichincha, con una altura 2800 msnm y su latitud 9956467.1 y longitud 770925.58, entre noviembre del 2020 y enero 2021.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial 3x2 de la combinación de tres técnicas y dos variedades. La técnica yatas es un depósito subterráneo con capacidad de almacenar un quintal, por otra parte, putzas es un recipiente construido con paja con capacidad de almacenar un quintal, de igual manera, los cuartos oscuros son chozas construidas con paja en donde se depositan los tubérculos para almacenar varios quintales, por otra parte se seleccionó dos variedades la Superchola con un periodo de precocidad mayor a 160 d y Chaucha amarilla menor a 120 d ,con un total de seis tratamientos y tres repeticiones.

Los tubérculos fueron almacenados por un período de 63 d y los parámetros se evaluaron cada 8 d en el laboratorio de la UTC tomando una muestra total de 10 tubérculos por cada unidad experimental. Las variables evaluadas fueron: días a la brotación, porcentaje de tubérculos afectados por plagas y enfermedades la cual se identificó mediante observación, peso g, pH, grados brix, firmeza Lb*f* cm², contenido de almidón, humedad, materia seca y color mediante la tabla de Munsell, para la elaboración de costos se clasificó en costos fijos y costos variables ubicando un costo total. El análisis estadístico se realizó mediante el software Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La técnica yatas ocupó el primer rango en las variables brotación (77% tubérculos brotados), firmeza (2.68 lb*f/ cm²), humedad (79.07%) y materia seca (27.43%), hasta los 63 d coincidiendo con los resultados obtenidos de (Morillo, 2018). Putza ocupa el primer rango con 13% de tubérculos afectados con plagas y

enfermedades a los 63 d de almacenamiento. En cuanto a variedades: Superchola ocupa el primer rango en brotación (64% tubérculos brotados), plagas y enfermedades (11% tubérculos afectados), peso (65g), pérdida de peso (10%), firmeza (3.04 lb*f/cm²), sólidos solubles (5.06 °Bx) y almidón (16.28%). Mientras que Chaucha amarilla alcanza el primer rango en: materia seca (31.2%) y pH (6.77).

La técnica yatas con Superchola ocupa el primer rango de significación en brotación (53%), firmeza (3.23 l*f/cm²), grados brix (4.93 °Bx) y humedad (78.23%), para la epidermis de var. Superchola se obtuvo un color inicial (5YR 7/8) finalizando con un color 7.5 amarillo rojo con un valor de siete y una croma de ocho mientras que la endodermis el color inicial (5YR 8/10) y terminó con un color cinco amarillo rojo una croma de ocho con un valor de cuatro en las técnica de almacenamiento por otra parte la variedad chaucha para la epidermis el color inicial (5Y 8/9) y culminó con 5 amarillo una croma de siete y un valor de seis para todas las técnicas y endodermis su color inicial de (5y 8/10) y terminó un color cinco amarillo una croma de ocho y un valor seis en la técnica yatas perdiendo color en los 63 d almacenados. Por otro lado, la elaboración del T1 (yatas con Superchola) obtuvo un costo de 111 US\$, T2 (yatas con chaucha) obtuvo un costo de 106 US\$, T3 (putza Superchola) obtuvo un costo de 116 US\$, T4 (putza con chaucha) obtuvo un costo de 111 US\$, T5 (cuarto oscuro Superchola) obtuvo un costo de 141 US\$, T6 (cuarto oscuro con chaucha) obtuvo un costo de 136 US\$, es así que generó un total de 721 US\$.

CONCLUSIÓN

La mejor técnica de almacenamiento para la conservación de tubérculos de papa son las yatas, logrando evitar pérdidas postcosecha dentro de un periodo de 63 d almacenados. La var. Superchola tuvo menores pérdidas de madurez fisiológica en su acopio. El tratamiento 2 (yatas con chaucha) ocupó un menor costo de elaboración con un valor de 106 US\$.

BIBLIOGRAFÍA

- Basantes, F. 2016. Caracterización de la cadena agroproductiva de la papa (*Solanum tuberosum*) en la provincia del Carchi y su fluctuación de los precios en los mercados mayoristas de Carchi, Imbabura y Pichincha. Obtenido de Facultad de Ing. en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Univ. Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 30 p.
- Morillo, F. 2018. Comportamiento de postcosecha de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) en dos condiciones de almacenamiento. Obtenido de Univ. Técnica del Norte, Facultad de Ing. en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ibarra, Ecuador.
- Pumisacho, M., y Sherwood, S. 2002. Cultivo de la papa en el Ecuador. Inst. Nacional de Investigación Agropecuaria - INIAP, Est. Exp. Santa Catalina, Quito, 171 p.

Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) utilizando la enzima alfa amilasa a partir de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) Chaucha y Superchola

Zoila Zambrano.¹, Ana Travez¹ y Johana Maigualca¹

¹ Univ. Técnica de Cotopaxi – UTC. Carrera de Ing. Agroindustrial. Latacunga, Ecuador. E-mail: zoila.zambrano@utc.edu.ec

Palabras clave: Almidón, α -amilasa, Papa chaucha, Superchola, Vodka

INTRODUCCIÓN

El vodka es una bebida alcohólica destilada, se puede obtener de cualquier planta rica en almidón como granos y tubérculos; la papa es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo en términos de consumo humano después del arroz y del trigo. La producción total mundial del cultivo sobrepasa los 300 x 10⁶ ton (Centro Internacional de la Papa CIP, 2017).

Según datos del INIAP, la mayor parte de la producción de la papa en el Ecuador está destinada para el consumo en fresco (90%) y frituras (10%), en ocasiones el producto es desechado, debido a la gran producción en épocas lluviosas. En el campo agroindustrial se considera la posibilidad de dar una nueva alternativa de industrialización a la papa, con la fabricación de una bebida alcohólica destilada vodka. (Benavides y Pozo, 2008).

El objetivo de la presente investigación fue elaborar una bebida alcohólica destilada tipo vodka a partir de dos variedades de papa (Chaucha y Superchola), utilizando la enzima α -amilasa y dos presentaciones de levadura. Después de realizar un análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de significancia de 0,1 se determinó que el mejor tratamiento fue el t₄ (almidón papa chaucha + levadura en polvo + enzima α -amilasa)

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia Cotopaxi, país Ecuador. Se inició la investigación en noviembre del 2020 y se culminó la misma en marzo del 2021. Se realizó un estudio de nivel experimental, donde la muestra estuvo conformada por 2 presentaciones de levadura y dos variedades de almidón de papa. Las variedades de papa utilizadas fueron las producidas por pequeños productores de la parroquia de Tambillo, cantón Machachi, provincia Pichincha, país Ecuador.

Se utilizó un diseño completo al azar con un arreglo factorial de 2 x 2, con 2 repeticiones. Los factores en estudio fueron las dos variedades de papa: chaucha y Superchola y las dos presentaciones de la levadura: en bloque y en polvo, su combinación dio como resultado 4 tratamientos para cada repetición. Para cada unidad experimental se trabajó con 15 kg. de papa pelada y lavada.

Se ejecutó un estudio de nivel experimental tipo aplicada; para lo cual para cada variable se realizó un análisis de varianza ANOVA y para las diferencias significativas se aplicó la Prueba de Tukey al 5%. Las variables evaluadas en la materia prima fueron: la productividad del almidón extraído que el mayor rendimiento lo mostro la variedad chaucha.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La elaboración de la bebida alcohólica destilada vodka fue previo a la aplicación de procesos para la extracción del almidón de las dos variedades de papas, luego se preparó el mosto mezclando 200 g de almidón por cada litro de agua destilada, se homogenizo y se calentó a 70 °C se adiciono 0.01g de enzima

(alfa amilasa) por 5 g de almidón se dejó reposar durante 1 h para que la enzima alfa amilasa, hidrolice los enlaces de amilosa y amilopectina y los transforme de forma rápida en dextrinas solubles y oligosacáridos, se ajustó el pH a 4.5 utilizando ácido cítrico, se dejó reposar por 1 h más y se sometió al proceso de fermentación alcohólica para lo cual se inoculó el mosto con levadura. El mosto inoculado se traspasó a recipientes de 20 L, donde se realizó la fermentación alcohólica, a una temperatura de 18 °C, controlando el pH y los °Brix. Finalizado el proceso de fermentación se traspasó el mosto a otro recipiente para eliminar los sedimentos y al finalizar el mosto se destiló en el Laboratorio LABOLAB en un equipo de vidrio con columnas de rectificación a una temperatura de 78 °C, obteniendo la bebida alcohólica destilada para los respectivos análisis del mejor tratamiento que correspondía al t4 (almidón papa chaucha + levadura en polvo), realizados en el mismo laboratorio.

En la bebida fermentada (mosto): el porcentaje de sólidos solubles ° Briz fue de 6.30%, que según (Marchan y Abuja 2018) es un valor en un rango establecido y como resultado del pH se obtuvo de 4.59%, valor que de acuerdo con Sánchez (2018) está dentro de los parámetros establecidos para bebidas alcohólicas, parámetros que los mejores fueron en la variedad chaucha y con inoculación de levadura en polvo.

En la bebida destilada como resultado se obtuvo: alcohol, fracción volumétrica 34.04%; alcoholes superiores 0.56 mg/100 cm³; metanol 1.36 mg/100 cm³ y furufalla 0.01 mg/100 cm³ parámetros que cumplen con lo establecido con la norma de Requisitos físicos y químicos para el vodka NTE - INEN 369 de la Quinta revisión 2016-11.

CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación indican que la papa Chaucha presentó mejores condiciones y rendimiento en el proceso de extracción del almidón. Esta variedad se recomienda para la elaboración de la bebida alcohólica vodka debido a los resultados y sus características específicas se pueden ofrecer una bebida destilada ajustada el porcentaje de alcohol de 40 a 60%. De esta manera aplicar la metodología paso a paso controlando procesos, cantidades, tiempos pH, °Brix y temperaturas. La adición de la enzima alfa amilasa facilitó la hidrólisis del almidón de papa que es el paso inicial para obtener los azúcares que se utilizan en la fermentación. La inoculación se debe realizar con la levadura en polvo para obtener mejores resultados y se debe someter a la bebida a un apropiado destilado para obtener un vodka que cumpla con los parámetros establecidos por la Normativa vigente.

BIBLIOGRAFÍA

- Anaya Suárez, Y.Y., y Mantero Zavala, G.Y. 2019. Obtención de una bebida alcohólica tipo vodka a partir de almidones de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) por vía enzimática.
- Benavides, I. Pozo, M. 2011. Elaboración de una Bebida Alcohólica Destilada (Vodka) a partir de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando dos tipos de Enzimas. Ibarra, Ecuador. 7 p.
- Benavides, I., y Pozo, M. 2008. Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) a partir de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando dos tipos de enzimas. Univ. Técnica del Norte. Ibarra. Recuperada de http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/327/1/03%20AGI_20226.
- Centro Internacional de la Papa - CIP. Annual Report 2017.
- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 369. Quinta revisión - bebidas alcohólicas. vodka. Requisitos Inst. Nacional Ecuatoriano de Normalización – INEN 369-5-1.
- Pumisacho, M., Sherwood S. 2002. El cultivo de la papa en Ecuador. INIAP – CIP. Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Est. Exp. Santa Catalina. Quito, Ecuador. 24 p.
- Univ. Técnica de Cotopaxi – UTC. 2020. Proyecto de investigación. Validación de 3 sistemas tradicionales de almacenamiento con dos variedades de papa (*Solanum spp.*) en Tambillo, Mejía, Pichincha.

Evaluación de propiedades físicas de cupcakes y masas con sustitución de harina de trigo por almidón de papa

Diana Chaves-Morillo¹ y Diego Mejía-España¹

¹ Facultad de Ing. Agroindustrial, Univ. de Nariño, Colombia. E-mail: dmchavesm@udenar.edu.co

Palabras clave: Almidón, Cupcake, Propiedades fisicoquímicas, Sensorial

INTRODUCCIÓN

Las papas nativas (*Solanum phureja*) son originarias de los Andes, se extienden desde el occidente de Venezuela hasta el centro de Bolivia (Hijmans et al., 2002). Existen más de 4000 variedades y representan una fuente importante de carbohidratos, antioxidantes, fibras, vitaminas y minerales. Son muy perecederas pues los tubérculos brotan en poco tiempo, perdiendo su aptitud para el consumo y procesamiento, lo cual representa una desventaja considerable frente a las variedades mejoradas (Rojas y Seminario, 2014).

El componente más representativo de la papa es el almidón, cuyas propiedades presentan alta variación de acuerdo con la variedad. Los potenciales usos del almidón son amplios, sin embargo, ha sido la industria alimentaria la que ha desarrollado más aplicaciones para este importante polisacárido (Garnica et al., 2010). Sus diferentes propiedades funcionales han hecho del almidón un componente indispensable en casi todos los productos industriales alimentarios, como por ejemplo en la panificación, que por su capacidad de absorción de agua contribuye al leudado del producto final (Scazzina et al., 2015). Por ello el objetivo de la presente investigación fue evaluar algunas propiedades físicas en cupcakes y masas con reemplazo de harina de trigo por almidón de papa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la sustitución de harina de trigo se utilizó almidón de papa nativa variedad Andina en los porcentajes de 0, 75, 50, 75 y 100%. Se realizó un prueba Back extrusión test (BET) a las masas de acuerdo con la metodología de Marchetti et al. (2020); se evaluaron las variables de consistencia e índice de viscosidad. También se midió la gravedad específica de la masa según la metodología de Jyotsna et al. (2016). Propiedades físicas del cupcake. Se llevó a cabo un análisis del perfil de textura del cupcake, se tomaron valores de dureza, elasticidad y cohesión (Marchetti et al., 2020). El volumen de los cupcakes se midió mediante el método de desplazamiento de semillas (método AACC 72-10) (Park et al., 2012). Pruebas sensoriales. Se aplicó una prueba de aceptación y de satisfacción con 60 jurados no entrenados, se evaluó la satisfacción general de cada una de las sustituciones mediante una escala hedónica de cinco puntos. Análisis estadístico Se utilizó un diseño irrestricto al azar, se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación mediante la LSD de Fisher (5% significancia).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La gravedad específica (GE) no se vio afectada ($P > 0.05$) por el nivel de sustitución. Los valores de GE fueron cercanos entre todas las formulaciones, con un valor promedio de 0.95 ± 0.1 para todas las masas. Por su parte la prueba de BET exhibió que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) para la variable consistencia, pero no para el índice de viscosidad. La formulación con mayor consistencia (1.8 N. mm) fue la de 0% almidón, por otro lado, el índice de viscosidad tuvo valores promedio de 0.15 ± 0.001 N. mm para todas las formulaciones. De acuerdo con estos resultados se puede decir que los sistemas en todos sus niveles podrían atrapar más aire durante el proceso de mezcla. Lo anterior es un aspecto deseable porque las masas con gran capacidad de retención de aire podrían dar lugar a productos más aireados (Tsatsaragkou et al., 2015).

La dureza, elasticidad y cohesión fueron diferentes entre todas las formulaciones evaluadas ($P < 0.05$). Los cupcakes con mayor sustitución de harina de trigo por almidón de papa (100%) eran menos duros (5.9 ± 0.1 N), elásticos (0.87 ± 0.3) y masticables (0.67 ± 0.2) que los de menores niveles de sustitución. A pesar de estas diferencias estadísticas presentadas, los valores de todas las variables fueron cercanos entre las formulaciones. El volumen se vio afectado por el nivel de sustitución ($P < 0.05$). Los cupcakes con mayor volumen (112 ± 3 mL), fueron los de 0% de reemplazo, mientras que los de menor volumen fueron los del nivel 100% (98 ± 1 mL). La prueba de satisfacción evidenció que no se perciben diferencias entre las muestras evaluadas. Los niveles de 100, 75 y 50% obtuvieron las calificaciones más altas en la escala hedónica. Las muestras de 100 y 0% de reemplazo fueron las de mayor preferencia entre los jurados, con un 35 y 30% de preferencia, respectivamente. Los jurados justificaron su elección por la suavidad y esponjosidad de los cupcakes.

La mayor dureza de los cupcakes con 0% de almidón se debe al gluten formado, esto se evidencia al obtener un producto menos firme a medida que aumenta el nivel de sustitución de almidón. El almidón utilizado demuestra ser apto para la elaboración de productos de panificación por sus propiedades de hidratación y viscosantes que atrapan el aire para conservar el volumen y distribución de la miga. Sin embargo este pudo verse limitado por la presencia de grasa que puede disminuir el hinchamiento y la gelatinización del almidón lo cual también influye en el volumen de los cupcakes restringiendo su crecimiento durante el horneado (Gao et al., 2018; Sang et al., 2019). Las pruebas sensoriales infieren que a pesar de que las características físicas y de textura de la formulación de 0% fueron las mejores, los niveles de almidón estudiados también exhiben buen comportamiento tanto en masa como en producto final, siendo adecuado para obtener productos aptos para celíacos.

CONCLUSIONES

El almidón de papa variedad Andina, exhibe un buen comportamiento tanto en masas como en producto, lo cual determina su aptitud para la elaboración de productos de panificación como cupcakes, pues aporta las características necesarias para obtener un producto final de buena calidad y con alta aceptación. El almidón de papa nativa variedad Andina en su estado nativo (sin modificaciones) puede ser una adecuada alternativa al uso de harina de trigo, para obtener productos libres de gluten, además de ser una opción de industrialización de tubérculos nativos.

AGRADECIMIENTO

A la Vicerrectoría de investigaciones, posgrados y relaciones internacionales (VIPRI) de la Univ. de Nariño, por la financiación de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Gao, Y., Janes, M.E., Chaiya, B., Brennan, M.A., Brennan, C.S., and Prinyawiwatkul, W. 2018. Gluten-free bakery and pasta products: prevalence and quality improvement. *International J. of Food Science and Technology*, 53(1):19–32. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13505>
- Garnica, A., Romero, A., Cerón, M., y Prieto, L. 2010. Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. subespecie andigena) para la industria de alimentos. *Revista Alimentos Hoy*, 19(21):3–15. <http://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/1/10>
- Hijmans, R., Spooner, D. ., Salas, A. ., Guarino, L., y De la Cruz, J. 2002. *Atlas of wild potatoes. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Gene pools. No. 10* (IPGRI). Genetic (ed.); 1st Ed.
- Jyotsna, R., Soumya, C., Swati, S., and Prabhasankar, P. 2016. Rheology, texture, quality characteristics and immunochemical validation of millet based gluten free muffins. *J. of Food Measurement and Characterization*, 10(4):762–772. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9361-9>
- Marchetti, L., Andrés, S.C., Cerruti, P., and Califano, A.N. 2020. Effect of bacterial nanocellulose addition

- on the rheological properties of gluten-free muffin batters. *Food Hydrocolloids*, 98(March 2019). <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105315>
- Park, S.J., Ha, K.Y., and Shin, M. 2012. Properties and qualities of rice flours and gluten-free cupcakes made with higher-yield rice varieties in Korea. *Food Science and Biotechnology*, 21(2):365–372. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0048-7>
- Rojas, L., y Seminario, J. 2014. Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*, 5(4):165–175. <https://doi.org/ISSN 2077-9917>
- Sang, S., Chen, Y., Zhu, X., Narsimhan, G., Hu, Q., Jin, Z., and Xu, X. 2019. Effect of egg yolk lipids on structure and properties of wheat starch in steamed bread. *J. of Cereal Science*, 86:77–85. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.01.009>
- Scazzina, F., Dall'Asta, M., Pellegrini, N., and Brighenti, F. 2015. Glycaemic index of some commercial gluten-free foods. *European J. of Nutrition*, 54(6),1021–1026. <https://doi.org/10.1007/s00394-014-0783-z>
- Tsatsaragkou, K., Papantoniou, M., and Mandala, I. 2015. Rheological, physical, and sensory attributes of gluten-free rice cakes containing resistant starch. *J. of Food Science*, 80(2),E341–E348. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12766>

IX CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA

Agrobiodiversidad y Nutrición

ARTÍCULOS SESIÓN

AGRONOMÍA Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS

Producción de semilla pre-básica de papa (*Solanum tuberosum*) var. Superchola a partir de esquejes, en la provincia del Carchi

Klever M. Quimbiulco¹, Jaqueline Fuetala¹, Clever Castillo¹, Francisco Chancusig¹ y Guido Yauli¹

¹ Univ. Técnica de Cotopaxi – UTC, Latacunga, Ecuador. E-mail: klever.quimbiulco@utc.edu.ec

Palabras clave: Corte apical, Enraizamiento, Floración

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas de la producción de papa, es la accesibilidad a la semilla certificada y de calidad por parte de los agricultores, debido a que la oferta de semilla de calidad es menor a la demanda, lo que condiciona a los productores a utilizar semilla de papa de varias procedencias, incluso llegando al punto de utilizar papa de consumo como semilla (Garzón, 2014).

Muchos países en desarrollo carecen de sistemas eficaces para la multiplicación y reproducción regular de plántulas y tubérculos certificados para la rápida utilización de variedades, la papa ha demostrado con éxito que al obtener plantas libres de virus provenientes de meristemos y someterla a micropropagación se generan un número suficiente de plantas que se utilizan como plantas madre para obtener material vegetativo de calidad (Haapala, 2008). Es por esta razón que utilizar el material adecuado puede acortar esta brecha en el déficit en la producción de semilla.

El método tradicional de siembra es a través de la utilización de tubérculo semilla que los agricultores obtienen por varias vías; ya sea por la compran a productores calificados, la reciben de sus agricultores amigos o acuden a mercados de semillas, donde se desconoce la calidad y procedencia. El objetivo de la investigación fue adoptar nuevos métodos de propagación de papa, evaluando los niveles de producción de esquejes de la parte basal, media, y apical de la planta para obtención de semilla pre-básica, para de esta manera poner al alcance de los productores semilla confiable y calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en la Provincia de Carchi, Cantón Espejo, Parroquia la Libertad, sector el Mirador, a una altura de 3350 msnm con 78°37'14" de longitud oeste y 00°59'57' de latitud sur. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar, los factores en estudio fueron: la altura de corte del esqueje en sus tres niveles (alturas de corte apical A, medio M y basal B) y la densidad de siembra a 30 cm (un esqueje por sitio d1 y dos esquejes por sitio d2), la combinación de los factores resultó en 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno dando un total de 18 parcelas. Cada parcela tuvo 5 surcos con distancia entre surcos de 80 cm x 3m de largo, así pues, los tratamientos con d1 quedaron con 150 planta y los tratamientos con d2 con 300 plantas. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de mortalidad PM, días a la floración contados a partir del día de trasplante DF, días a la senescencia a partir del día de trasplante DS y productividad PRO (en Kg planta⁻¹) en peso y categoría de tubérculos de acuerdo con la tabla de clasificación de tubérculo semilla de papa (Pumisacho y Velásquez, 2009) (Primera > a 100g, Segunda 60 a 100 g, Tercera 30 a 60 g y Cuarta < a 30 g)

En laboratorio se seleccionaron los tallos cuyo diámetro mayor a 0.5 mm de grosor y libre de enfermedades, de plantas madre fitomejoradas de papa var. Superchola, se hicieron tres cortes: apical A, medio M y basal B; Los esquejes se enraizaron en un sistema semi-hidropónico, durante 45 d bajo condiciones de invernadero. Para la fase de campo se procedió a delimitar el terreno, formar los surcos y sembrar los esquejes procedentes de las tres alturas de corte con uno y dos esquejes por golpe y se implementó un testigo absoluto con siembra de papa tubérculo según el método tradicional, de acuerdo con el diseño establecido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cada uno de los tratamientos y de las interacciones se realizó un Análisis de Varianza, en los que hubo diferencia significativa se aplicó la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Para la variable PM el tratamiento Bd2 alcanzó el menor porcentaje de mortalidad con el 1, 9%, mientras que Ad1 presentó una mortalidad de 32,3%. En términos fisiológicos, se puede atribuir este resultado a que los esquejes de la parte apical poseen tejidos con potencial de diferenciación; sin embargo, no tienen la acumulación de hormonas y fotoasimilados necesaria para este proceso, por lo tanto, su enraizamiento no es tan exitoso. En DF existe significancia estadística para el tratamiento Ad1 inicia floración más temprano con 113 d y termina con su vida productiva considerándose precoz. Para el resto de los tratamientos no existe diferencia significativa. Y el testigo muestra DF de 156 d. Para DS, se observa similar comportamiento, Ad1 con 146 d, el resto de los tratamientos con 160 d y el testigo con 180 d. Para PRO, Bd2 alcanza un promedio de 6,173 kg planta⁻¹, con un 87% de papa en categoría Primera > a 100 g. Esto se puede atribuir a la interacción que existe entre la procedencia del esqueje (nivel basal), con suficiente acumulación hormonal y fotoasimilados, que garantizan una mayor producción y el número de esquejes sembrados (Hartmann et al., 2011).

CONCLUSIONES

Existe relación entre los esquejes de papa de la var. Superchola provenientes de altura corte basal con densidades de siembra de 2 esquejes por sitio, porque presentaron menor mortalidad en campo (1.9%) y mayor productividad (6173 kg planta⁻¹).

BIBLIOGRAFÍA

- Haapala, T. 2008. Semilla de papa (en línea). Disponible en: <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/semillas.html>
- Hartmann, H., Kester, D., Davies, F., and Geneve, R. 2011. Plant propagation: Principles and practice. New Jersey: Pearson Education.
- Pumisacho, M., y Velásquez, J. 2009. Manual del cultivo de papa para pequeños productores. Int. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP y COSUDE. Quito, Ecuador. 98 p.

DMSO y rutina flavonoide complementarios al manejo de PMP para incrementar peso de tubérculos

Diego F. Peñaherrera¹, Betty M. Paucar¹, Erika B. Tipanluisa², Clara C. Iza², Kan Jing Cho³ y Alicia Villavicencio³

¹ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Est. Exp. Santa Catalina, Quito, Ecuador. E-mail: diego.penaherrera@iniap.gob.ec

² Univ. Central del Ecuador – UCE. Carrera de Ing. Agronómica. Quito, Ecuador.

³ Centro KOPIA Ecuador

Palabras clave: CaLso, Fitoplasma, Zebra chip.

INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que afecta al cultivo de papa en el Ecuador es la enfermedad denominada punta morada de la papa (PMP), cuyos agentes causales reportados son los fitoplasmas *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* 16SrII (Caicedo et al., 2015) y fitoplasma *Asteris* 16SrI-F (Castillo et al., 2018). El cultivo también se ve afectado por la presencia del insecto *Bactericera cockerelli*, el cual transmite la bacteria *Candidatus Liberibacter solanacearum* (CaLso), causante de la enfermedad del manchado de los tubérculos o Zebra Chip (ZC) (Rubio et al., 2013). Loachamin (2019), afirma que en el 2018 y 2019 en el cantón Mejía-Pichincha, PMP ocasionó una disminución del 70% en la productividad de la var. Superchola; Castillo et al. (2018) reportaron pérdidas de hasta un 100%.

El dimetil sulfóxido (DMSO) se utiliza en la agricultura para proteger las células y los tejidos durante la criopreservación e incrementar el peso, volumen y producción de tubérculos (Gutiérrez et al., 2003), además hace que la planta se vuelva más receptiva debido a que abre los estomas y tejidos de la planta permitiendo que los nutrientes ingresen de manera directa a la planta (Álvarez y Larqué, 2004). Por otra parte, se deben considerar que los flavonoides activan el sistema inmunológico de las plantas, induciendo a la activación de genes de defensa en contra del daño oxidativo que generan las células sometidas a las diferentes condiciones de estrés y esto permite que la planta alcance su máximo potencial genético de producción (Navarro, 2016). Por tal motivo los objetivos de esta investigación fueron: evaluar el efecto del DMSO y la Rutina Flavonoide en la productividad; evaluar el efecto de la aplicación de los bioestimulantes en la incidencia de PMP y realizar el análisis económico de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Est. Exp. Santa Catalina del NIAP, ubicado en el cantón Mejía, provincia de Pichincha. Se utilizó semilla del agricultor, categoría seleccionada, var. Superchola con presencia de PMP. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos: T1 (DMSOx10⁻² 2.63 ml l⁻¹agua), T2 (DMSOx10⁻⁴ 0.028 ml l⁻¹agua), T3 (RUTINA FLAVONOIDE) y T4 (TESTIGO sin bioestimulantes y con las recomendaciones generadas por INIAP) se aplicaron a partir de los 40 d después de la siembra, con intervalos de 15 d, con un total de nueve aplicaciones en el ciclo del cultivo. Se analizaron las variables: porcentaje de emergencia de la semilla (%), vigor y cobertura de la planta (escala), rendimiento por planta, rendimiento total y por tamaño de tubérculo; incidencia de PMP (escala y se expresó en%), población del psílido *Bactericera cockerelli* (a partir de los 86 d), prueba del manchado de papa (se evaluó color y síntomas de ZC, se clasificó los chips de acuerdo con una escala) y presencia del fitoplasma en el tubérculo (pruebas moleculares en AGROCALIDAD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de la varianza para la variable rendimiento, se encontró diferencias para los tratamientos (DMSOx10⁻², DMSOx10⁻⁴, Rutina Flavonoide, Testigo). El promedio general fue de 27 110.69 kg ha⁻¹ y el coeficiente de variación para rendimiento fue de 6.59%. Los análisis moleculares realizados en AGROCALIDAD para la detección de fitoplasma mostraron que los tratamientos T1 y T2 fueron negativos, en tanto que los tratamientos T3 y T4 fueron positivos, esto quizá significa que el DMSO tiene efecto de control sobre el PMP. Sin embargo, las pruebas del manchado de papa presentaron valores superiores al 40% de porcentaje de fritura no deseable, lo que nos indica que pudo existir la bacteria *CaLso*, causante del manchado de la papa o ZC, en la presente investigación el manchado es superficial. En cuanto a los costos de producción por hectárea, T1 tuvo un costo de US\$ 7119.7, T2 US\$ 6692.35, T3 US\$ 6697.64 y T4 US\$ 6687.64 y la relación beneficio costo para T1 fue US\$ 3.20, T2 US\$ 2.67, T3 US\$ 2.49 y T4 US\$ 1.22.

CONCLUSIONES

El DMSO y la Rutina Flavonoide incrementaron la productividad de los tubérculos de la var. Superchola en plantas con antecedentes y síntomas de PMP, además son activadores de mecanismos de defensa, debido a que se observó que la planta fue menos propensa al ataque del complejo de la enfermedad. La diferencia entre los tratamientos T1 y T4 fue de 631.11 g con respecto al peso de tubérculos por planta; mientras que para la productividad total fue de 15.12 t ha⁻¹.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, D., y Larqué, A. 2004. La supermolécula el dimetil sulfóxido: ¿Un nuevo regulador de crecimiento vegetal? *Ciencia*, 20-24.
- Caicedo, J., Crizón M., Pozo, A., Simbaña, L., Rivera, L., and Arahana, V. 2015. First report of *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* (16SrII) associated with potato purple top in San Gabriel, Carchi, Ecuador. *New Disease Reports*, 32.
- Castillo, C., Paltrinieri, S., Bustamante, B., and Bertaccini, A. 2018. Detection and molecular characterization of a 16SrI-F phytoplasma in potato showing purple top disease in Ecuador. *Australasian Plant Pathology*, 47, 311-315.
- Gutiérrez, M., Chávez, R., and Larqué, P.A. 2003. Effect of dimethyl sulphoxide in the fresh weight of radish and beet plants. *Agrociencia*. Recuperado el 23 de julio de 2019
- Loachamin, M. 2019. Informe de los rendimientos de papa obtenidos en el 2018 y el 2019, elaborado por la técnica del MAG. Mejía: Informe, MAG-Pichincha.
- Navarro, M. 2016. *Manejo de cultivos hortícolas bajo condiciones de estrés*. Obtenido de URL.: <http://jornadasipcamalmeria.com/archivos/manejo-estres.pdf>
- Rubio, A., Cadena, M., and Vásquez, G. 2013. Manejo integrado de la punta morada de la papa en el Estado de México. México: México.

Estimación del impacto ambiental de estrategias para el manejo y control químico de *Bactericera cockerelli*, vector de papa rayada en papa

Marcelo Racines¹, Pablo Jaramillo¹, Jorge Rivadeneira¹, César Huashi² y Xavier Cuesta¹

¹ Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Est. Exp. Santa Catalina, Quito, Ecuador. E-mail: marcelo.racines@iniap.gob.ec

² ADAMA Ecuador.

Palabras clave: PMP, Rotación de insecticidas, Tasa impacto ambiental

INTRODUCCIÓN

La punta morada de la papa (PMP) es una de las principales enfermedades que afecta al cultivo de papa en Ecuador. Se reportan como agentes causales a los fitoplasmas *Candidatus* *Phytoplasma aurantifolia* grupo 16SrII y 16SrI-F (Caicedo et al., 2015, Castillo et al., 2018), y a *Candidatus* *Liberibacter solanacearum* (CaLso) “papa rayada”, enfermedad transmitida por insectos vectores como el psílido *Bactericera cockerelli*, cicadelidos entre los principales (Caicedo et al., 2020, Castillo et al., 2019). Para el control del psílido se propone utilizar semilla sana, realizar detección y monitoreo del insecto, realizar prácticas culturales y control químico basado en la rotación de insecticidas de acuerdo con su grupo químico, modo, mecanismo de acción, etapa de vida del insecto y estado fenológico del cultivo (Cuesta et al., 2021). El objetivo de este trabajo fue estimar el impacto ambiental y costos de aplicación de cuatro estrategias de control químico de *B. cockerelli*, usadas en los ensayos del PNRT-papa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio analizó un ensayo ubicado en la Est. Exp. Santa Catalina, en el cantón Mejía, Provincia de Pichincha, a una altitud de 3056 m. En las parcelas se manejaron variedades mejoradas INIAP-Josefina y Diacol-Capiro; y los clones 98-38-12 y 11-9-91, en el ciclo 2019. Se realizaron cinco monitoreos para cuantificar el número de huevos, ninfas y adultos de *B. cockerelli*.

Se evaluaron cuatro estrategias en las que se aplicaron y rotaron diversos insecticidas: Estrategia A: tiametoxam+lambdacialotrina; bifentrin+fipronil; thiodicarb; novalorun y diazinon; bifentrin+imidacloprid (una aplicación de cada uno). Estrategia B: abamectina, fipronil; tiametoxam+lambdacialotrina; imidacloprid+betacyflutrin, sulfoxaflor, triflumuron y acefato (una aplicación de cada uno). Estrategia C (rotación agricultor 1): profenofos y tiametoxam+lambdacialotrina (tres aplicaciones de cada uno); imidacloprid y fipronil (dos aplicaciones de cada uno). Estrategia D (rotación agricultor 2): tiametoxam+lambdacialotrina y profenofos (seis aplicaciones de cada uno).

En cada estrategia se caracterizaron los insecticidas: ingrediente activo (i.a.), grupo químico (g.q.) (IRAC, 2019), categoría toxicológica (c.t.) y número de aplicaciones (n).

El impacto ambiental se calculó con base a la metodología propuesta por Kovach et al. (1992), recomendada por Ortiz y Pradel (2009) e IICA (2017). El coeficiente de impacto ambiental (CIA) de cada insecticida fue tomado de Cornel (2019). La tasa de impacto ambiental (TIA) consideró solo los insecticidas usados para el control de *B. cockerelli*. Los costos (US\$ ha⁻¹) se calcularon con las cantidades de insecticidas y jornales usadas en las aplicaciones por su precio en cada estrategia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de insecticidas fue: Estrategia A: se aplicaron seis insecticidas comerciales que corresponden a ocho i.a., y seis g.q., todos fueron de c.t. II (moderadamente peligroso, etiqueta amarilla).

Estrategia B: se aplicaron siete insecticidas comerciales que corresponden a nueve i.a., de siete g.q., de los cuales siete fueron de c.t. II y dos de c.t. III (ligeramente peligroso, etiqueta azul). Estrategia C: se aplicaron cuatro insecticidas comerciales, que corresponden a cinco i.a. de cuatro g.q., todos de c.t. II. Estrategia D: se usaron dos insecticidas comerciales, que corresponden a tres i.a. de tres g.q., todos de c.t. II (Tabla 1).

Tabla 1. Tasa de impacto ambiental (TIA), y costos de las aplicaciones. PNRT-papa-2019.

| Estrategia | i.a. | g.q. | c.t. | Concentración | Dosis | n | CIA | TIA | Costos (USD/ha) | | |
|--------------|------------------------------|----------|------|---------------|------------|---|---------------|--------|-----------------|---------------|---------------|
| | | | | | | | | | Insecticida | Mano obra | Subtotal |
| A | Tiametoxam + Lambacialotrina | 4A | II | 141 g/l | 1.00 l/ha | 1 | 33.30 | 4.70 | 78.51 | 36.00 | 114.51 |
| | Bifentrina + Fipronil | 3A | II | 106 g/l | 1.00 l/ha | 1 | 44.17 | 4.68 | | | |
| | Thiodicarb | 3A | II | 360 g/l | 0.38 l/ha | 1 | 44.35 | 5.99 | | | |
| | Bifentrina + Imidacloprid | 2B | II | 120 g/l | 0.38 l/ha | 1 | 88.25 | 3.97 | | | |
| | Novahrum | 1A | II | 350 g/l | 0.5 l/ha | 1 | 22.3 | 3.90 | | | |
| | Diazinon | 3A | II | 50 g/l | 0.5 l/ha | 1 | 44.35 | 1.11 | | | |
| | | 4A | II | 250 g/l | 0.5 l/ha | 1 | 36.71 | 4.59 | | | |
| | | 15 | II | 100 g/l | 0.4 l/ha | 1 | 14.33 | 0.57 | | | |
| | | 1B | II | 600 g/l | 0.4 l/ha | 1 | 44.03 | 10.57 | | | |
| Total | 8 | 6 | | | 5 | | 40.08 | | 219.89 | 180.00 | 399.89 |
| B | Tiametoxam + Lambacialotrina | 4A | II | 141 g/l | 0.50 l/ha | 1 | 33.30 | 2.35 | 39.26 | 36.00 | 75.26 |
| | Abamectina | 3A | II | 106 g/l | 0.50 l/ha | 1 | 44.17 | 2.34 | | | |
| | Fipronil | 6 | II | 18 g/l | 0.30 l/ha | 1 | 34.68 | 0.19 | | | |
| | Imidacloprid + Betacyflutrín | 2B | II | 200 g/l | 0.45 l/ha | 1 | 88.25 | 7.94 | | | |
| | Sulfoxaflor | 4A | II | 210 g/l | 0.60 l/ha | 1 | 36.71 | 4.63 | | | |
| | Triflumuron | 3A | II | 90 g/l | 0.60 l/ha | 1 | 31.57 | 1.70 | | | |
| | Acefato | 4C | III | 240 g/l | 0.40 l/ha | 1 | 18.83 | 1.81 | | | |
| | | 15 | III | 480 g/l | 0.08 l/ha | 1 | 34.47 | 1.32 | | | |
| | | 1B | II | 750 g/kg | 0.50 kg/ha | 1 | 24.88 | 9.33 | | | |
| Total | 9 | 7 | | | 5 | | 31.61 | | 227.47 | 180.00 | 407.47 |
| C | Tiametoxam + Lambacialotrina | 4A | II | 141 g/l | 1.00 l/ha | 3 | 33.30 | 14.09 | 235.53 | 108.00 | 343.53 |
| | Profenofos | 3A | II | 106 g/l | 1.00 l/ha | 3 | 44.17 | 14.05 | | | |
| | Imidacloprid | 1B | II | 500 g/l | 1.00 l/ha | 3 | 59.53 | 89.30 | | | |
| | Fipronil | 4A | II | 350 g/l | 0.50 l/ha | 2 | 36.71 | 12.85 | | | |
| | | 2B | II | 200 g/l | 0.50 l/ha | 2 | 88.25 | 17.65 | | | |
| Total | 5 | 4 | | | 10 | | 147.93 | | 398.05 | 360.00 | 758.05 |
| D | Tiametoxam + Lambacialotrina | 4A | II | 141 g/l | 0.75 l/ha | 6 | 33.30 | 21.13 | 353.30 | 216.00 | 569.30 |
| | Profenofos | 3A | II | 106 g/l | 0.75 l/ha | 6 | 44.17 | 21.07 | | | |
| | | 1B | II | 500 g/l | 0.80 l/ha | 6 | 59.53 | 142.87 | | | |
| Total | 3 | 3 | | | 12 | | 185.07 | | 444.45 | 432.00 | 876.45 |

Los resultados de los monitoreos mostraron en promedio tasas crecimiento negativas entre población inicial (p.i.) y población final (p.f.) de *B. cockerelli*: en huevos -85.7% (p.i. 245 y p.f. 35); en ninfas -80.3% (p.i. 76 y p.f. 13) y en adultos -68.2% (p.i. 22 y p.f. 7).

Las TIAs fueron: 31.61 estrategia B; 40.08 estrategia A; 147.93 estrategia C y 185.07 estrategia D. Las estrategias B y A redujeron el impacto ambiental en 82.9 y 78.4% respecto a la estrategia D. Las estrategias B y A con mayor rotación de g.q. tuvieron menores TIAs respecto a las estrategias C y D en las que se usaron cuatro y tres g.q. El número de aplicaciones se redujo de 12 y 10 en las estrategias D y C, a cinco en las estrategias A y B. Los costos (US\$ ha⁻¹) de insecticidas y mano de obra para la aplicación fueron: 399.89 estrategia A; 407.47 estrategia B; 758,05 estrategia C y 876.45 estrategia D. Las estrategias A y B redujeron sus costos en 54.4 y 53.5% respecto a la estrategia D.

CONCLUSIONES

Todas las estrategias controlaron la población de *B. cockerelli* en sus diferentes estados, aunque causaron impacto ambiental negativo, en mayor o menor magnitud. Las estrategias B y A tuvieron menor tasa de

impacto ambiental y reducción de costos. Se pueden diseñar estrategias de control, utilizando y rotando diversos insecticidas o combinaciones con menores tasas de impacto ambiental y se logre reducir costos.

BIBLIOGRAFÍA

- Caicedo, J., Crizón, M., Pozo, A., Cevallos, A., Simbaña, L., Rivera, L., Arahana, V. 2015. First report of *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* (16SrII) associated with potato purple top in San Gabriel-Carchi, Ecuador. *New Disease Reports* 32:20. <https://doi.org/10.5197/lj.2044-0588.2015.032.020>
- Caicedo, D., Simbaña, L., Calderón, D., Lalangui, K., and Rivera-Vargas, L. 2020. First report of *Candidatus Liberibacter solanacearum* in Ecuador and in South America. *Australasian Plant Disease Notes*, 15(1),6.
- Castillo, C., Paltrinieri, S., Bustamante, J., and Bertaccini, A. 2018. Detection and molecular characterization of a 16SrI-F phytoplasma in potato showing purple top disease in Ecuador. *Australasian Plant Pathology*, 1-5.
- Castillo, C., Zhen, F., and Burckhardt, D. 2019. First record of the tomato potato *psyllid Bactericera cockerelli* from south America. *Bulletin of insectology*. 72(1):85-91.
- Cornel, 2019. <https://nysipm.cornell.edu/eiq/list-pesticide-active-ingredient-eiq-values>
- Cuesta X., Peñaherrera D., Velásquez J., Racines M., Castillo. C. 2021. Guía de manejo de la punta morada de la papa. Manual técnico 104. 2^{da} Ed. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP. Quito. 20 p.
- Insecticide Resistance Action Committee – IRAC. 2019. *En: Folleto-Clasificación-del-Modo-de-Acción-de-insecticidas-y-acaricidas-v.5-ene19.pdf*
- Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas – IICA. 2017. Sistematización de metodologías para evaluar efectos ambientales de tecnologías agrícolas con enfoque en sistemas de producción de agricultura familiar. PRIICA-CATIE.
- Kovach, J., Petzoldt, J., Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Sciences Bulletin*. 139:1–8.
- Ortiz, O. y Pradel, W. 2009. Guía introductoria para la evaluación de impactos en programas de manejo integrado de plagas (MIP). Centro Internacional de la Papa – CIP.

Aplicación de la metodología de Blaney–Criddle para el uso eficiente del agua de riego en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el nororiente de la parroquia Aláquez, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi

Guido E. Yauli¹, Javier Dominguez² y Guadalupe López³

¹ Univ. Técnica de Cotopaxi – UTC, Latacunga, Ecuador. E-mail: guido.yauli@utc.edu.ec

² Univ. Estatal Amazónica – UEA, Puyo, Ecuador

³ Univ. Técnica de Cotopaxi – UTC, Latacunga, Ecuador

Palabras clave: Agua de riego, Evapotranspiración, Lámina de riego, Humedad.

INTRODUCCIÓN

La utilización del agua para riego en el Ecuador está alcanzando niveles importantes dentro del marco de la utilización premeditada del agua en la agricultura, en virtud de que el País cuenta con un gran potencial de riego. Por eso el el Ministerio de Agricultura y Ganadería plantea nuevos paradigmas del agua de riego en donde señala que se puede llegar a regar 3136 ha para ello es necesario responder a este desafío fundamentándose en estrategias que permitan implementar nuevos modelos de gestión sustentable de riego y drenaje (MAGAP, 2013).

Como aporte de las estrategias esta la optimización del agua de riego mediante la determinación el requerimiento hídrico de los cultivos en las diferentes zonas del país, los mismos que permitirán regular de forma adecuada el recurso agua en términos de cantidad, sin menoscabar su funcionamiento como insumo. Los datos climáticos esenciales para la determinación de la evapotranspiración de referencia en cuanto al método de Blaney–Criddle son precipitación media mensual, pluviometría, velocidades de viento, heliofanía y humedad relativa mínima, porque este método se utiliza como predicción y se aplica para períodos de mes (Fuentes, 1996).

La investigación tuvo como objetivo evaluar la metodología de Blaney–Criddle para el uso eficiente del agua de riego en los principales cultivos agrícolas del Nororiente de la parroquia Aláquez, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación, se llevó a cabo en el sector Nororiente de la parroquia Aláquez, cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, que abarca a los barrios: San Marcos, San Antonio, El Banco, El tejar, Chitan, Verde cocha y Cuchitingue. La temperatura promedio de la zona es de 14 grados centígrados, con altitud desde los 2800 a 3700 msnm

En la operacionalización de variables se plasmó la dinámica de producir causa en las independientes y establecer los efectos en las dependientes. Las independientes fueron analizadas con el método de Blaney–Criddle para la determinación de la evapotranspiración de referencia; con la valoración se calculó la evapotranspiración de cultivo, el requerimiento hídrico y el riego, estas últimas como dependientes.

La presente investigación, es descriptiva, documental, en donde se determinó mediante información secundaria el comportamiento de los diferentes factores climatológicos reinantes de la zona, valores tabulares y constantes de cálculo de la región los mismos que en aplicación con el modelo de Blaney–Criddle permitieron la determinación de la evapotranspiración real y de cultivo, inicio fundamental para el cálculo de los requerimientos hídricos de los cultivos de la investigación.

Se realizó un análisis histórico tendencial, que permitió establecer los valores normales del comportamiento de los elementos climáticos en la zona, lo cuales dio como resultados los regímenes promedios de:

temperaturas, pluviometría, vientos, heliofanía y humedad relativa mínima. Los elementos de ubicación geográfica, altitud y los otros factores tabulares, también fueron ubicados en función al requerimiento del método de Blaney-Criddle. Los datos climatológicos de influencia en la zona se tomaron de tres estaciones meteorológicas: Rumipamba, UTC, Est. Cotopaxi, los calendarios de siembra se estableció por las tradiciones del sector.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El requerimiento promedio de la papa, en especial de variedades mejoradas como Superchola, INIAP-Gabriela, Única, cultivadas en el sector, mediante el cálculo de evapotranspiración en las condiciones del calendario de siembra planteado fue de 448.81 mm, se entiende que la evapotranspiración de cultivo es la pérdida de agua por lo tanto la cantidad que debe disponer para evitar el estrés hídrico.

Por otro lado, se analizó el régimen pluviométrico entre mayo y septiembre, tiene una sumatoria de 288.36 mm de precipitación bruta, por lo que se calcula la precipitación efectiva que es la que es aprovechada por la planta. Bajo ese esquema 288.36 restando el 20% se tendrá 230.68 mm; se realiza la comparación entre las necesidades hídricas del cultivo y el régimen pluviométrico, se tendrá que 448.81 mm y los 230.68 mm de la precipitación efectiva, da un faltante de 218.13 mm que será riego en todo el ciclo.

En todo caso, los valores calculados, se asemejan de manera correcta frente a datos del requerimiento hídrico de la papa que están alrededor de 500 mm (www.potato2008.org).

CONCLUSIONES

El método de Blaney-Criddle en función a los datos climáticos evaluados es compatible en ese medio, la evapotranspiración de cultivo fue el resultado de la evapotranspiración de referencia con los valores de los coeficientes del cultivo, lo cual permitió determinar la necesidad hídrica en cada etapa y mes del calendario de siembra propuesto para el cultivo así el requerimiento hídrico de la papa es 448.81 mm en el caculo de riego fue de 218.13 mm.

BIBLIOGRAFÍA

- Fuentes, Yagüe J. 1996. Tecnicas de riego: Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ediciones Mundi Prensa. España.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca – MAGAP. 2013. Guía para elaboración de los Planes de Riego y Drenajes, Quito, Ecuador
- Pereira, L. 2006. Evapotranspiración del cultivo: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. Estudio: Riego y Drenajes 56. Roma.

Eficiencia de aplicación de tres métodos de riego en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Juan E. León. R¹, Juan. E. León T.¹, Cristhian Lema¹, Juan Silva¹, José Jarrin² y Santiago Martínez²

¹ CER – Centro Experimental del Riego – ESPOCH. Riobamba, Ecuador. E-mail: juan.leon@epoch.edu.ec

² NETAFIM. Quito, Ecuador.

Palabras clave: Eficiencia de riego, Métodos de riego, Requerimientos hídricos

INTRODUCCIÓN

La agricultura es la actividad humana de mayor extracción y uso consuntivo del agua, a pesar de que se puedan conocer los requerimientos de los cultivos para su desarrollo existen pérdidas en su aplicación y distribución que son difícil o costosos de controlar que hacen que los volúmenes necesarios para el riego sean mayores de los que requiere la planta (FAO, 2016).

Según el (INEC, 2017 pág. 8) en la Encuesta De Superficie y Producción Agropecuaria Continua el área dedicada a la actividad agropecuaria en el Ecuador es de 5.46×10^6 ha además, de acuerdo con los datos del Módulo De Tecnificación Agropecuaria del (INEC, 2017 pág. 10) se estima, que a nivel nacional el 21,38% de la superficie cultivada del Ecuador se encuentra bajo riego (1.088.229 ha) en donde uno de los principales cultivos regados es la papa con 10 556 ha (FAO, 2002).

La papa posee un desarrollo radicular escaso por ello se debe evitar tanto los excesos como la escasez, además su comportamiento en periodos de déficit hídrico, incluso si estos son leves, ocasiona el cierre de estomas siendo este el factor más relevante en el desarrollo y calidad del tubérculo se debe tomar en cuenta que como todo cultivo este posee épocas de mayor requerimiento por lo que determinar la fenología del cultivo es obligatorio (INTA, 2013). El objetivo del estudio fue: Determinar la eficiencia de aplicación de tres métodos de riego, gravedad, aspersión y goteo en papa (*Solanum tuberosum* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Est. Exp. Tunshi. Parroquia Licto. Cantón Riobamba. Provincia de Chimborazo, en el Centro Experimental del Riego perteneciente a la ESPOCH. Altitud: 2750 msnm, Latitud: 1° 65' S, Longitud: 79° 40' O (GOOGLE HEARTH, 2018).

En la presente investigación se determinó la eficiencia de aplicación de tres métodos de riego: gravedad, goteo y aspersión, utilizando la línea de riego NETAFIM, en papa mediante el establecimiento de un ensayo en campo con un diseño de bloques completos al azar de tres tratamientos con tres repeticiones donde se evaluó la eficiencia de aplicación de los tres métodos de riego con base en los cálculos de la uniformidad de distribución sobre el cultivo, parámetros biométricos como (etapas fenológicas, altura de planta, número de tallos, diámetro basal, número de hojas, contenido relativo de agua, materia seca) en 10 plantas por repetición cada 15 d en relación a la duración del ciclo productivo del cultivo, además se monitoreó el estado hídrico de la planta utilizando la bomba sholander y apertura estomática utilizando el porómetro el contenido de humedad del suelo, al final del ciclo productivo se determinó la lámina total aplicada y la huella hídrica, se obtuvo el nivel de eficiencia de los tratamientos en papa mediante la productividad por planta, por categoría y por hectárea. El análisis funcional se realizó con la prueba de Tukey al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en eficiencia de aplicación fueron: goteo 93%, aspersión 85% y gravedad con 46%, con requerimientos de riego de 218, 254 y 431 mm, respectivamente. Para goteo la productividad fue

28 t ha⁻¹, aspersión 26 t ha⁻¹ y gravedad 23 t ha⁻¹. Con respecto a los parámetros biométricos el número de hojas para goteo fue 160 hojas, aspersión 158 hojas, y gravedad 112 hojas. La altura de la planta para aspersión fue 83.2 cm, seguido del goteo 75.2 cm y la menor altura para el tratamiento gravedad 65.2 cm; el diámetro de tallo en aspersión fue 14.5 mm, goteo 14.2 mm y gravedad de 12.1 mm.

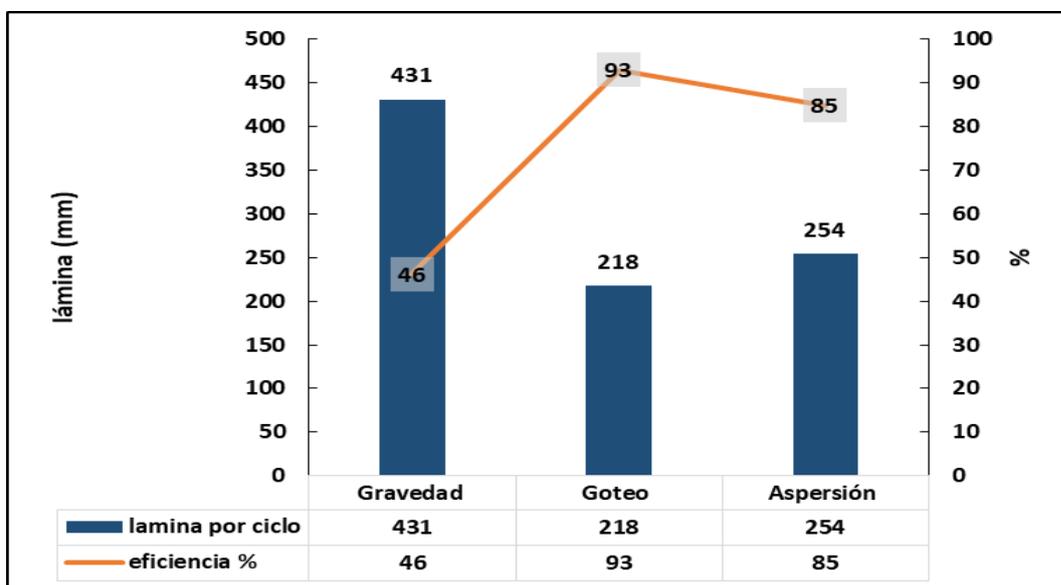


Fig. 1. Lamina aplicada por tratamiento, porcentaje de eficiencia y % ahorro hídrico.

Diferencias de lámina aplicada por tratamientos obtenidas en el ciclo productivo, donde el tratamiento gravedad muestra la mayor lámina con 431 mm con respecto a los tratamientos goteo con 218 mm y aspersión con 254 mm. El método de riego goteo logra un ahorro de 49.4% y el método aspersión un 41.06% con respecto al método gravedad, el ahorro hídrico en goteo fue de 43.70% con respecto a los métodos tradicionales, los sistemas de riego por gravedad requieren una cantidad mucho mayor en relación con el requerimiento real del cultivo.

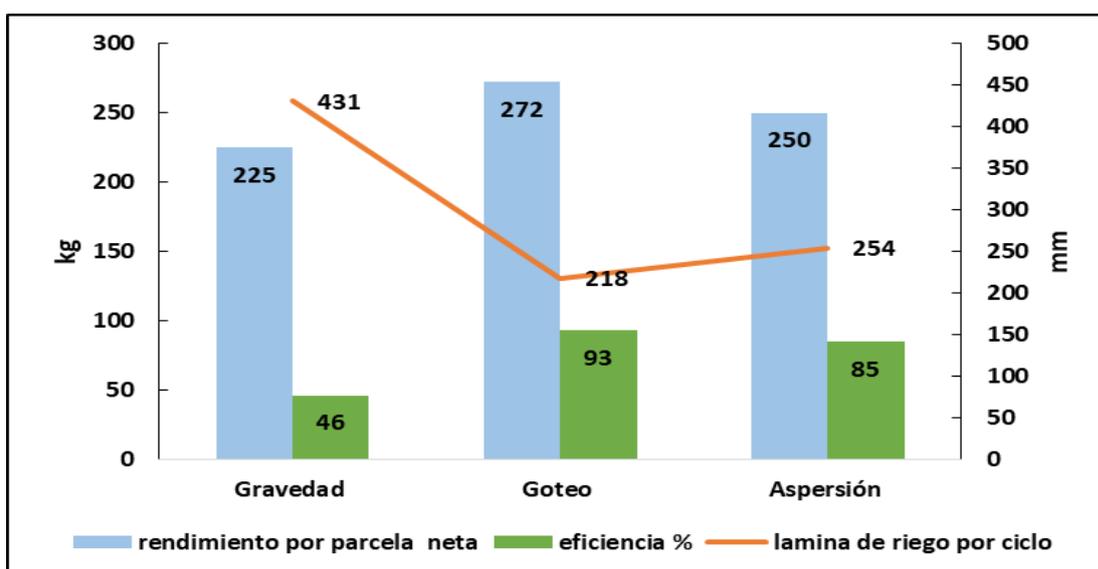


Fig. 2. Rendimiento, lamina de riego y porcentaje de eficiencia en los tratamientos evaluados.

El tratamiento goteo obtuvo el mayor rendimiento además del menor gasto de agua para la producción a lo largo del ciclo. La diferencia entre el tratamiento gravedad que presentó un 17.3% por debajo de la productividad del goteo, la diferencia de rendimiento entre gravedad y goteo fue de 23.8% teniendo un

rendimiento mucho menor el método gravedad, entre los métodos de aspersión y gravedad no presentó diferencias significativas, quizá por las diferencias climáticas sin embargo remarca la significativa diferencia de rendimiento en el método goteo. Con el tratamiento aspersión se obtiene un 8% menos que el método goteo.

CONCLUSIONES

En esta investigación se demostró que la eficiencia de aplicación de riego en goteo fue de 93%, aspersión 85% y gravedad 46%. Las láminas de riego obtenidas al finalizar el ciclo productivo de la papa en los tratamientos goteo, aspersión y gravedad fueron de 218, 254 y 431 mm, respectivamente. El método goteo obtiene un ahorro hídrico de 49.4% con respecto a gravedad y un ahorro del 14.2% con respecto a aspersión. El mayor rendimiento por parcela neta fue para goteo fue de 17.3% mayor a gravedad y un 8% mayor a aspersión, con 28 t ha⁻¹ goteo, 26 t ha⁻¹ aspersión y 23 t ha⁻¹ gravedad.

BIBLIOGRAFÍA

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. 2016. Uso de agua en riego. [En línea] 2016. http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/indexesp.stm.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. 2002. El agua y la agricultura. [En línea] 2002. <http://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/Y6899S.htm>.
- Inst. Nacional de Estadísticas y Censos – INEC. 2017. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua . [en línea]. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Presentacion_Principales_Resultados_ESPAC_2017.pdf.
- Inst. Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA. 2013. Riego en papa: un complemento imprescindible para estabilizar rindes. [En línea] 2013. <http://intainforma.inta.gov.ar/?p = 15204>.

IX CONGRESO ECUATORIANO DE LA PAPA

Agrobiodiversidad y Nutrición

ANEXOS

PROGRAMA DEL CONGRESO

| Día 1 (miércoles 30 de junio) | | | | | | |
|---|-------|---|---------------|--------------------------------|---------|--------------|
| Horario | | Actividad | | | | Tiempo (min) |
| 8:00 | 9:00 | Videos institucionales y patrocinadores | | | | 60 |
| PROGRAMA INAUGURAL | | | | | | |
| 9:00 | 9:03 | Saludo y apertura del IX Congreso Ecuatoriano de la Papa 2021 (Maestra/o de Ceremonias Lcda. Priscila Salazar, UTC) | | | | 3 |
| 9:03 | 9:07 | Intervención del Ing. Marco Andrés Andrade, Director Ejecutivo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) | | | | 4 |
| 9:07 | 9:11 | Intervención del Dr. Horacio Rodríguez, Representante del Centro Internacional de la Papa sede Ecuador (CIP) | | | | 4 |
| 9:11 | 9:15 | Intervención del Rector Dr. Cristian Tinajero de la UTC | | | | 4 |
| 9:15 | 9:20 | Intervención de la Ministra de Agricultura y Ganadería Tanlly Vera | | | | 5 |
| CONFERENCIA MAGISTRAL DE APERTURA (Presentador: Maestra de Ceremonias Lcda. Priscila Salazar) | | | | | | |
| Horario | | TEMÁTICA | CATEGORÍA | NOMBRE EXPOSITOR / INSTITUCIÓN | PAÍS | Tiempo (min) |
| 9:20 | 9:55 | Conferencia Magistral de Apertura: Estado actual de la investigación de la papa en el Ecuador | Nacional | Jorge Rivadeneira (INIAP) | Ecuador | 35 |
| 9:55 | 10:00 | Receso (videos institucionales) | | | | 5 |
| SESIÓN TÉCNICA: MEJORAMIENTO GENÉTICO, RECURSOS FITOGENÉTICOS Y BIOTECNOLOGÍA (Moderador: Marcelo Racines INIAP) | | | | | | |
| 10:00 | 10:05 | Presentación reglas de moderación y tiempos | | Marcelo Racines INIAP | | 5 |
| 10:05 | 10:40 | Conferencia Magistral 1: AGUAPAN: una experiencia replicable y escalable de derechos de agricultor para la conservación de recursos genéticos de la papa | Internacional | Stef de Haan, Ph.D. | Perú | 35 |
| 10:40 | 11:15 | Conferencia Magistral 2: Herramientas bioinformáticas para el análisis de papas tetraploides | Internacional | Enrique Ritter, Ph.D. | España | 35 |
| 11:15 | 11:30 | Conferencia 1: Mejoramiento asistido en papa con el uso de marcadores moleculares. Proyecto UE-AECID-papa | Nacional | Xavier Cuesta | Ecuador | 15 |
| 11:30 | 11:45 | Conferencia 2: Evaluación de marcadores moleculares asociados con la resistencia a tizón tardío para implementación de la selección asistida en papa en el INIAP | Nacional | Liszeth Ojeda | Ecuador | 15 |
| 11:45 | 12:00 | Conferencia 3: Nueva variedad de papa con resistencia moderada a tizón tardío y calidad para la Sierra Centro | Nacional | Jorge Rivadeneira | Ecuador | 15 |
| 12:00 | 12:15 | Conferencia 4: Determinación de la resistencia genética de ocho especies silvestres de <i>Solanum</i> spp. a <i>Bactericera cockerelli</i> en invernadero, Quito, Ecuador | Nacional | Carmen Castillo | Ecuador | 15 |
| 12:15 | 12:30 | Conferencia 5: Evaluación de resistencia/tolerancia a <i>Globodera</i> | Nacional | Néstor Castillo | Ecuador | 15 |

| | | | | | | |
|--|-------|--|------------------|---------------------------------------|-------------|---------------------|
| | | <i>pallida</i> en genotipos de papa en invernadero | | | | |
| 12:30 | 14:00 | Receso | | | | 95 |
| SESIÓN TÉCNICA: PROTECCIÓN VEGETAL, FITOPATOLOGÍA, ENTOMOLOGÍA (Ing. Mg. Marcela Morillo: UTC) | | | | | | |
| 14:00 | 14:35 | Conferencia Magistral 3: Especies de fitoplasmas en cultivos agrícolas y ornamentales presentes en México | Internacional | Reyna Rojas, Ph.D. | México | 35 |
| 14:35 | 15:10 | Conferencia Magistral 4: Insectos vectores de patógenos con énfasis en bacterias y phytoplasmas que afectan el cultivo de papa en el Pacífico Nor Oeste de EE.UU. | Internacional | Silvia Rondón, Ph.D. | EE.UU. | 35 |
| 15:10 | 15:45 | Conferencia Magistral 5: Control biológico de <i>Bactericera cockerelli</i> , la táctica que no debe olvidarse en el manejo de esta plaga | Internacional | Esteban Rodríguez, PhD. | México | 35 |
| 15:45 | 16:00 | Conferencia 6: Evaluación del efecto de punta morada de la papa sobre el comportamiento agronómico y transmisión por tubérculo-semilla en la var. Superchola | Nacional | Xavier Cuesta | Ecuador | 15 |
| 16:00 | 16:15 | Conferencia 7: Dinámica poblacional de <i>Bactericera cockerelli</i> Šulc en cultivos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), Imbabura | Nacional | Saida Tocagon | Ecuador | 15 |
| 16:15 | 16:30 | Conferencia 8: Evaluación de cuatro estrategias de rotación de insecticidas para control de <i>Bactericera cockerelli</i> | Nacional | Betty Paucar | Ecuador | 15 |
| 16:30 | 16:45 | Conferencia 9: Evaluación de la actividad biológica contra <i>Fusarium</i> sp a partir de proteína residual de papa de las variedades Superchola y Violeta obtenida mediante tratamiento térmico | Nacional | Gissela Guapas | Ecuador | 15 |
| SESIÓN TÉCNICA: POSCOSECHA, AGROINDUSTRIA, ALMACENAMIENTO Y VALOR NUTRITIVO (Ing. Mg. Klever Quimbiulco: UTC) | | | | | | |
| Horario | | TEMÁTICA | CATEGORÍA | INSTITUCIÓN / NOMBRE EXPOSITOR | PAIS | Tiempo (min) |
| 16:45 | 17:20 | Conferencia Magistral 6: Entendiendo la mente del consumidor | Internacional | Marco Palma, Ph.D. | USA | 35 |
| 17:20 | 17:35 | Conferencia 10: Efecto genotipo–ambiente–fertilización en antioxidantes y glucosa de la papa | Internacional | Luis Fernando Valencia | Colombia | 15 |
| 17:35 | 17:50 | Conferencia 11: Valoración de la calidad de papa criolla cocida en el Departamento de Nariño, Colombia | Internacional | Laura Latorre | Colombia | 15 |
| 17:50 | | Cierre primer día | | | | |

| Día 2 (jueves 01 julio) | | | | | | |
|--|-------|---|---------------|---------------------------|----------|----|
| Continuación SESIÓN TÉCNICA: POSCOSECHA, AGROINDUSTRIA, ALMACENAMIENTO Y VALOR NUTRITIVO (Ing. Mg. Richard Molina: UTC) | | | | | | |
| 9:00 | 9:35 | Conferencia Magistral 7: Potencial del valor agregado de la papa | Nacional | Elena Villacrés, Ph.D. | Ecuador | 35 |
| 9:35 | 9:50 | Conferencia 12: Efecto del proceso de fritura en 9 genotipos de papa criolla (<i>Solanum phureja</i>) | Internacional | Diego Martin Trejo | Colombia | 15 |
| 9:50 | 10:05 | Conferencia 13: Evaluación de tres técnicas ancestrales de almacenamiento con dos variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> Spp) en Tambillo, Mejía, Pichincha 2020 | Nacional | Bryan Villota | Ecuador | 15 |
| 10:05 | 10:20 | Conferencia 14: Elaboración de una bebida alcohólica destilada (vodka) utilizando la enzima alfa amilasa a partir de dos variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) chaucha y Superchola | Internacional | Zoila Eliana Zambrano | Ecuador | 15 |
| 10:20 | 10:35 | Conferencia 15: Evaluación de propiedades físicas de cupcakes y masas con sustitución de harina de trigo por almidón de papa. | Internacional | Diana Melisa Chaves | Colombia | 15 |
| SESIÓN TÉCNICA: AGRONOMÍA Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS (Ing. Patricio Cuasapaz: AGN LATAM) | | | | | | |
| 10:35 | 11:10 | Conferencias Magistral 8: Estimación de la vulnerabilidad y riesgo climático y huella de carbono en fincas paperas en el Ecuador | Nacional | Andrea Enríquez, Mgs. | Ecuador | 35 |
| 11:10 | 11:45 | Conferencia Magistral 9: Caja de herramientas para trabajar con sistemas de semillas | Internacional | Jorge Andrade, Ph.D. | Perú | 35 |
| 11:45 | 12:20 | Conferencia Magistral 10: Degeneración de semillas de papa en Ecuador: condiciones agroecológicas, estrategias de manejo y respuesta de adaptación de los agricultores | Nacional | Israel Navarrete | Ecuador | 35 |
| 12:20 | 12:35 | Conferencia 16: producción de semilla pre-básica de papa (<i>Solanum tuberosum</i>) var. Superchola a partir de esquejes, en la provincia del Carchi. | Nacional | Klever Quimbiulco | Ecuador | 15 |
| 12:35 | 12:50 | Conferencia 17: DMSO y rutina flavonoide complementarios al manejo PMP para incrementar peso tubérculos | Nacional | Diego Peñaherrera | Ecuador | 15 |
| 12:50 | 13:05 | Conferencia 18: Estimación del impacto ambiental de estrategias para el manejo y control químico de <i>Bactericera cockerelli</i> , vector de papa rayada en papa | Nacional | Marcelo Racines | Ecuador | 15 |
| 13:05 | 13:20 | Charla comercial 1: Ecuaquímica | | | | 15 |
| 13:20 | 14:00 | Receso (videos institucionales) | | | | 40 |
| Continuación SESIÓN TÉCNICA: AGRONOMÍA Y PRODUCCIÓN DE SEMILLAS (Nancy Panchi: CIP) | | | | | | |
| 14:00 | 14:35 | Conferencia Magistral 11: Agricultura de ahorro de agua en el cultivo de papa | Internacional | David Ramírez, Ph.D. | Perú | 35 |

| | | | | | | |
|--|-------|--|---------------|--------------------------|----------|----|
| 14:35 | 15:10 | Conferencia Magistral 12: Niveles críticos de absorción, translocación y eficiencia de macronutrientes minerales para altos rendimientos en papa | Internacional | Manuel Iván Gómez, Ph.D. | Colombia | 35 |
| 15:10 | 15:25 | Charla comercial 2: YARA | | | | 15 |
| 15:25 | 15:40 | Conferencia 19: Aplicación de la metodología de Blaney – Criddle para el uso eficiente del agua de riego en el cultivo de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) en el nororiente de la parroquia Aláquez, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi | Nacional | Guido Yauli | Ecuador | 15 |
| 15:40 | 15:45 | Conferencia 20: Eficiencia de aplicación de tres métodos de riego en el cultivo de papa (<i>Solanum tuberosum</i> . L) | Nacional | Juan León | Ecuador | 15 |
| 15:45 | 15:50 | Receso | | | | 5 |
| SESIÓN DE CLAUSURA (Priscila Salazar Maestra de Ceremonias UTC) | | | | | | |
| 15:50 | 16:00 | Resumen, Compromisos, Agradecimientos (INIAP) | | | | 10 |
| 16:00 | 16:05 | Clausura del IX CEP 2021 (Representante UTC) | | | | 5 |



El Programa Nacional de Raíces y Tubérculos rubro contribuye a elevar la productividad y uso de la papa de manera sostenible y amigable con el ambiente.

Teléfono: +593 2 3006142



Empresa de Servicios de Consultoría Científica y Técnica en el sector Agrícola. Cuenta con un equipo multidisciplinario, cuyo objetivo es el de mejorar la productividad mediante el uso de nuevas tecnologías.

Teléfono: +593 6 2604141





El CIP es un organismo de investigación para el desarrollo con un enfoque en papa, camote y raíces y tubérculos andinos. Con sede en Lima, Perú, el CIP tiene una presencia de investigación en más de 20 países de África, Asia y América Latina.

Teléfono: +51 1 3496017



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI

UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI

La Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) está ubicada en el cantón Latacunga de la provincia de Cotopaxi. Cuenta con 23 años de vida institucional y con un aproximado de 10.500 estudiantes matriculados.



Apoyo de la **Unión Europea** al desarrollo del **Talento Humano, Innovación y Transferencia** de Tecnología en el Ecuador



Financiado por la Unión Europea

Ministerio de Agricultura y Ganadería



República del Ecuador



Juntos lo logramos



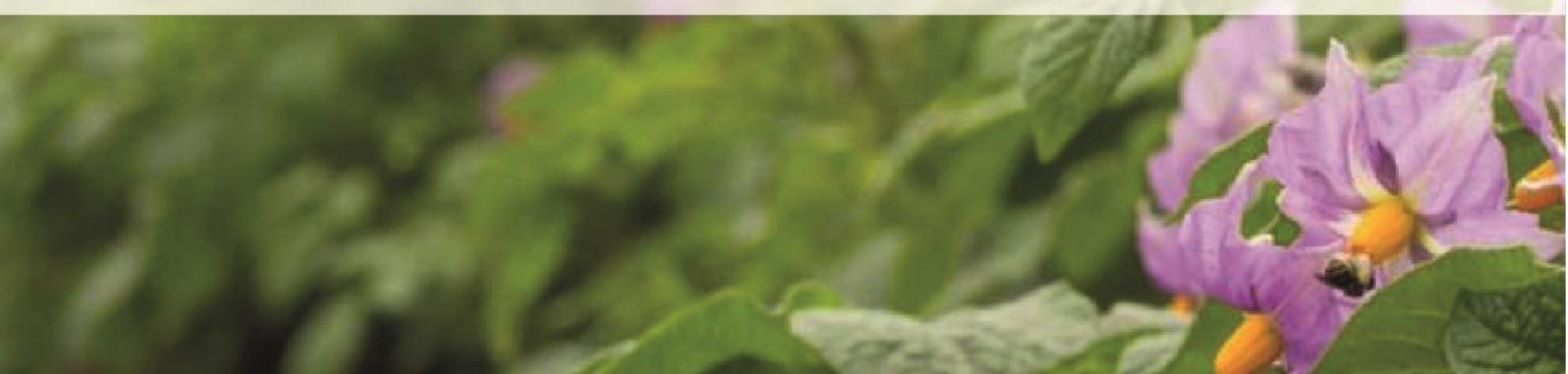


YARA



ECUAQUIMICA

La mano amiga



KOPPERT
BIOLOGICAL SYSTEMS

**ROTAM**

Artal
SMART AGRICULTURE since 1895

 **ADAMA**

 **NETAFIM™**
GROW MORE WITH LESS

AgroScout
Detection Done Right



APOYO INSTITUCIONAL:

Apoyo de la Unión Europea al desarrollo del Talento Humano, Innovación y Transferencia de Tecnología en el Ecuador



Financiado por la Unión Europea

Ministerio de Agricultura y Ganadería



CON EL AUSPICIO DE:



La mano amiga