



Trasplante de plántulas in vitro: Dr. Raymond Bula, Presidente de la Controlled Environmental Technology (CETS), Ing. Celfia Obregón Ramírez, Presidenta de ADERS Perú, e Ing. Fernando De La Calle, en el laboratorio de CETS en Wisconsin, Estados Unidos.

PRIMICIA MUNDIAL

LA REVOLUCIÓN

Para analizar la problemática y conocer los últimos avances tecnológicos de punta para el mejoramiento del cultivo de la papa, dialogamos con la Ing. Agr. Celfia Obregón Ramírez, Presidenta de ADERS-Perú, natural de Yungay, Ancash, formada en la Universidad Nacional Agraria-La Molina, gestora del “Día Nacional de la Papa” (30 de mayo) y del Proyecto PROPAPA desde inicios de siglo y tenaz impulsora de la investigación, la recuperación, la conservación y el aprovechamiento de las variedades nativas. En la actualidad dirige uno de los proyectos de investigación tecnológica más avanzados sobre la papa, financiado por CIENCIACTIVA-CONCYTEC en alianza con la Universidad de Wisconsin y el Banco de Germoplasma de Papa de los Estados Unidos.

Hablar de papa es hablar del alimento número uno en el Perú y uno de los cuatro más consumidos en el mundo. No hay país en el planeta donde no se consuma papa, por eso será el primer producto que llevará el hombre en su viaje a las estrellas, ya que ha demostrado ser, además de delicioso y nutritivo, un cultivo ultrarresistente, con una terquedad para crecer en circunstancias extremas de temperatura y suelo, solo comparable con la tenacidad del hombre andino que desarrolló su cultivo y lo siembra desde hace más de 10,000 años.

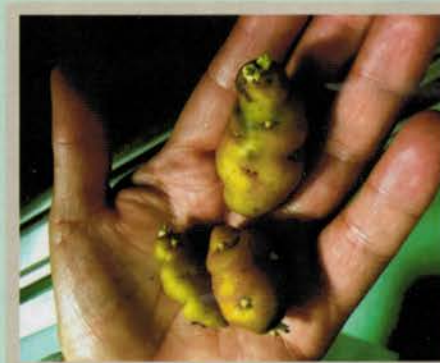
Sin ninguna duda, al Perú le cabe la fortuna de ser el centro de origen de la papa cultivada (David Spooner 2005) y el país que posee la mayor

diversidad, con más de 3,000 ecotipos y variedades de papas de diferentes colores, sabores, formas y propiedades alimenticias, gastronómicas, medicinales e incluso industriales, lo cual constituye un tesoro monumental. Pero la situación de productores y consumidores peruanos de la papa, a pesar de mejores indicadores de consumo y precios ganados en los últimos años, aún representa un gran desafío. Si lo vemos con una mentalidad pesimista estamos desperdiciando el gran valor de nuestra biodiversidad, pero si lo vemos desde una óptica positiva, estamos ante la oportunidad de desarrollar y modernizar una actividad que por siglos ha dado de comer a los peruanos y que tiene el enorme potencial de sacar de



Ing. Agr. Celfia Obregón Ramírez, jefa del proyecto "Producción acelerada de semillas de papa de alta calidad en el Perú, potenciando la biodiversidad con tecnología de punta frente al cambio climático".

TECNOLÓGICA DE LA PAPA



Izquierda, *Solanum ajanhuiri* (Jancko Ajawiri), Astro Tubers obtenidos en dos meses en el fitotron, semilla de alta calidad, fisiológicamente madura. Cada tubérculo en campo definitivo, en una campaña de siembra, nos garantiza en promedio una productividad de 2.5 kilos. **Abajo,** producción de Astrotubers por Fitotron ha superado totalmente lo propuesto, de 1,000 a 2,870 Astro Tubers. En 9 fitotrones en un año la producción es de 154,980 Astro Tubers.



la pobreza y la desnutrición a la franja andina de nuestra población más desfavorecida.

En el mundo actual, donde se está produciendo una nueva revolución agrícola con el uso intensivo de nuevas tecnologías, donde se habla de agricultura inteligente y el uso de insumos, maquinaria y medios digitales de alta eficiencia, es urgente y necesario que el Perú incursione en el universo tecnológico agrario y qué mejor hacerlo en la modernización y optimización del cultivo de la papa.

Por eso leamos con mucha atención la siguiente entrevista a la Ing. Celfia Obregón Ramírez.

—Ingeniera, ¿cuál es la problemática de la papa en el Perú y qué se está haciendo en el campo de la promo-

ción y la investigación para aprovechar mejor su gran potencial?

—Quisiera hablar primero del potencial. La papa en materia de producción, es el principal cultivo del país, se produce al año más de 4.7 millones de toneladas, aportando significativamente al PBI agrícola con 4,846 millones de soles (2015); además, por cuarto año consecutivo el Perú es el primer productor de papa en Latinoamérica y el Caribe. Ninguna exportación agrícola tiene la magnitud de la papa, pero aún es una actividad que en comparación con indicadores mundiales tiene mucho por mejorar.

—Por ejemplo...

—Los principales problemas son la baja productividad, el bajo consumo per cápita y la falta de industrialización para

PROCESO EXPERIMENTAL

Producción de plántulas madres a partir de plántulas *in vitro*

Este estudio utilizó variedades de papas nativas que corresponden a las ocho especies de papa cultivadas del planeta y que existen en el Perú y Latinoamérica: *Solanum ajanhuiri*, *Solanum chaucha*, *Solanum curtilobum*, *Solanum juzepczukii*, *Solanuma phureja*, *Solanum stenotomum*, *Solanum goniocalyx* y *Solanum tuberosum subsp. Andigena*.

Todas estas variedades fueron donadas por el Banco de Germoplasma de Papa de los Estados Unidos donde son preservados *in vitro* (para mantener su identidad genética) como parte de la colección de variedades de papa del banco. Este material genético está libre de virus; PLRV, PVX, PVY, PVS de pudrición bacteriana causada por *Clavibacter michiganensis subsp. Sepe-donicus* y de otros patógenos cuarentenarios.

SIEMBRA DE PLÁNTULAS *IN VITRO*

Todas las variedades nativas usadas en esta evaluación respondieron sin problemas y de modo positivo al proceso de transferencia (siembra) de las plántulas *in vitro* en el sustrato, para producir Plantas Madre. (Ver imagen N° 1).



Siembra de plántulas *in vitro* en sustrato para producir plantas madre.

Un aspecto importante es que las plántulas tienen que ser cubiertas con vasos descartables transparentes —entre dos a cuatro días— para evitar la pérdida de humedad y desecación. Estas plántulas son muy frágiles al principio del proceso por ello

es necesario darle todos los niveles posibles de protección. (Ver Imagen N° 2).

TRASPLANTE A BANDEJAS

Una vez que las plántulas fueron plantadas en las

bandejas rectangulares, el siguiente paso fue introducir estas dentro de los Fitotrones (ambiente controlado de temperatura, hora luz y oscuridad, humedad, entre otros). Estas plantas estuvieron listas para el proceso de siembra de esquejes al final de cuatro semanas. (Ver imagen N° 3)

Imagen N° 2



Plántulas *in vitro* transferidas a macetas y protegidas para evitar desecación.

FITOTRONES DE MULTIPLICACIÓN

Al igual que en el proceso de transferencia *in vitro* hacia Fitotrones para producción de plantas madre, esta parte del proceso usó las variedades de papas nativas que corresponden a las ocho especies de papa cultivadas. El proceso empieza con la toma de porciones de las plantas (esquejes). Por lo general cada esqueje presenta un promedio de dos entrenudos con

LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LA PAPA

producir derivados para el mercado interno y la exportación. Frente a ello, en los últimos diez años se ha realizado un gran esfuerzo de productores papeiros nacionales, ONGs especializadas y el go-

bierno en forma más o menos sostenida, que ha permitido mejorar el consumo y la productividad, pero no lo suficiente, y en cuanto a investigación ha habido diversas iniciativas, pero no se ha enfocado el problema de fondo.

—¿Cuál considera Ud. el problema de fondo?

—El principal problema de la papa en el Perú es la falta de semillas de calidad. Este asunto nos arrastra hacia una

cadena de pérdida de valor y competitividad, debido a la baja productividad y calidad del producto. El agricultor papeiro en el Perú produce de 12 a 15 toneladas por hectárea, cuando en otros países es de 30 o más. Los papeiros peruanos utilizan tradicionalmente la semilla común, que es la que se guarda después de cada cosecha, para utilizarla después como tubérculo semilla. La multiplicación con-

tinua de esta semilla genera el aumento de la presencia de insectos y enfermedades que ocasionan importantes pérdidas. El tema se agrava porque los mercados de la capital son cada vez más exigentes y descartan lo que no les parece bueno. La solución, entonces, es producir e introducir semillas de calidad, con alto potencial productivo y a precios accesibles. La única forma de realizar este cambio es asu-



Plantas madres originadas a partir de plántulas in vitro después de cuatro semanas de crecimiento en el fitotron. Las plantas no mostraron ningún problema en su establecimiento ni en su desarrollo, crecimiento y maduración.

lo que se asegura dos fuentes de tejido meristemático (tejido encargado del crecimiento de la planta, en este caso el que se encuentra en las yemas). En este caso entre 40 y 60 esquejes son plantados en cada bandeja conteniendo el sustrato de vermiculita y chips de coco. Lo que se espera en este paso del proceso es hacer que las plantas crezcan y maduren dentro de los Fitotrones en un periodo de 60 días. Las condiciones

de crecimiento en el Fitotron fueron similares a la de los Andes (temperatura de día y noche, horas luz y oscuridad, humedad relativa, entre otros factores). Las papas nativas son conocidas por crecer en "días cortos", a diferencia de las variedades americanas que son de "días largos".

RESULTADOS

El establecimiento y crecimiento de todas las varie-

dades usadas en este proceso de validación fue exitoso. Cada una de las variedades respondió sin problemas al crecimiento bajo condiciones de Fitotron y su respuesta fue similar a la esperada con respecto a crecimiento de las variedades americanas y europeas usadas comúnmente por CETS. Las modificaciones de cambiar el fotoperíodo hacia días cortos de 10 horas de luz fueron definitivamente positivas ya que estas variedades

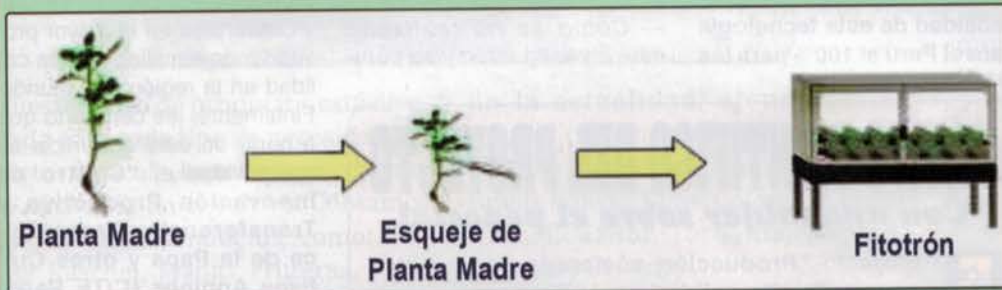
crecen naturalmente bajo un régimen de días cortos y en temperaturas moderadas. La simulación de estas condiciones en el Fitotron fue exitosa y las plantas crecieron dentro de los rangos fenotípicos y estados de desarrollo esperados.

Los Fitotrones CETS son adecuados para el crecimiento y desarrollo de las variedades nativas usadas en el estudio. Esto es aún más significativo si tenemos en cuenta que estas variedades corresponden a diferentes especies de papa cultivada en Sudamérica. Las plantas poseen el morfotipo apropiado para concluir con éxito el siguiente paso de producción de tubérculos.

Evaluada las ocho especies cultivadas, respecto a la producción de Astro Tubers por fitotron el promedio esta en 1,354 "Astro Tubers" en dos meses, en un año la producción promedio está en 8,123 "Astro Tubers" (seis cosechas).

Un sistema completo de Fitotrones debe considerar 10 cámaras de Fitotrones, uno de plántulas madres y nueve de multiplicación. Con los promedios obtenidos en un año un sistema completo produce 73,105 Astro Tubers, el mismo que da la posibilidad de instalar dos hectáreas de campo semillero. La productividad promedio de cada Astro Tuber en campo es de 2.5 kg. de semilla de calidad. La alta productividad del sistema permitiría en nuestro país ofertar semilla de papa de calidad a precios totalmente accesibles para los pequeños productores.

Figura N° 1



Esquema del proceso de transferencia de esquejes para generar plantas para producción de tubérculos en fitotrones. Los esquejes sembrados son puestos en el fitotron, cada fitotron puede contener hasta 14 bandejas de 30 x 60 cm y cada bandeja puede incluir entre 60-80 plantas para producción de tubérculos

miendo una revolución tecnológica, que podría aplicarse también a otros productos andinos que presentan el mismo problema.

—¿Qué esfuerzo concreto se está realizando para afrontar el problema?

—No hemos tenido una forma eficiente y rentable de producir semillas potentes al 100%, en consecuencia el gran reto es investigar y adoptar los mejores conocimientos y divulgar

su uso. También hace falta implementar un programa nacional de semillas de calidad, que involucre no solo a la papa, sino a todos los productos agrícolas, especialmente los cultivos andinos. Debe crearse el Instituto Nacional de la Semilla, esto es de vital importancia.

—Entonces ¿está desarrollando una nueva tecnología para optimizar, en específico, la producción de semi-

llas de papa?

—Efectivamente. A partir de nuestra constante preocupación por conservar nuestras variedades en peligro de extinción y desarrollar un mercado papero competitivo, iniciamos en febrero del año pasado el proyecto "Producción acelerada de semillas de papa de alta calidad en el Perú, potenciando la biodiversidad con tecnología de punta frente al cambio climático". El mismo

resultó ganador del concurso de "Ideas Audaces Perú" financiado por CIENCIACTIVA-CONCYTEC. Tratándose de una idea audaz, tuvimos el atrevimiento de proponer una alianza a la Universidad de Wisconsin, que es como la NASA de la papa y desarrolla las investigaciones más avanzadas al respecto en los Estados Unidos y recibimos su respaldo, además del asesoramiento científico de una

LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LA PAPA

eminencia mundial en la materia, como es el Dr. Raymond Bula, con más de 50 años de experiencia en el campo de la ciencia y la tecnología agrícola.

—¿El Dr. Bula es una eminencia mundial?

—El mejor. Él es el inventor del “Sistema de Producción de Semilla de Papa en Fitotrones” y forma parte del Salón de la Tecnología Espacial de la Fama y Profesionales de la Fundación Espacio (2000). Por otro lado, el Banco de Germoplasma de Papa de los Estados Unidos, proporcionó las plántulas in vitro de las ocho especies cultivadas de papa del planeta, utilizadas en los ensayos.

—¿Podría mencionarlos, por favor?

—*Solanum ajanhuiri*, *Solanum chaucha*, *Solanum curtilobum*, *Solanum juzepczukii*, *Solanum phureja*, *Solanum stenotomum*, *Solanum goniocalyx* y *Solanum tuberosum subsp. Andigena*.

—¿Qué son los Fitotrones?

—Al hablar de Fitotrones, nos referimos a un innovador “Sistema de Producción de Semillas de Papa usando Ambientes Controlados”. Esta tecnología es capaz de producir tubérculos libres de enfermedades usando cámaras de crecimiento (FITOTRON) capaces de mantener las condiciones ambientales y nutritivas, controladas por un “software”. Estos parámetros controlados pueden ser replicados y establecidos en cualquier zona climática, sin importar las condiciones externas ni la estación del año. Este sistema hace que la producción de semillas tome en promedio solo 60 días después de la siembra. Ello permite que se puedan tener hasta seis ciclos de producción de semilla por año. Estas semillas tubérculo llamadas “AstroTubers”™ tienen la importante característica de ser fisiológicamente maduros (cuando la papa ha completado su ciclo de desarrollo), lo cual se diferencia de los mini-tubérculos generados



La variedad “Yana Imilla Perú” presente en la investigación. Es una papa redondeada, de grandes ojos profundos, color de piel morado a oscuro, carne blanca.

por hidroponía o aeroponía, que un buen porcentaje, no alcanzan madurez fisiológica (Dr. Bula 2016). Ello permite que los “AstroTubers”™, tengan una mejor chance de establecimiento, posean dormancia más corta, generan plantas con mejor vigor y mantengan uniformidad en la calidad de las plantas y tubérculos.

—¿La producción de AstroTubers están incluidos en el proyecto?

—Así es. Como parte del proyecto hemos completado una investigación muy exhaustiva, que ha incluido nuestro trabajo en el laboratorio del Dr. Raymond Bula en Wisconsin y hemos comprobado la aplicabilidad de esta tecnología para el Perú al 100% para las

ocho especies cultivadas de papa del planeta, las mismas que son originarias y se cultivan en nuestro país.

—¿Cuál es el objetivo?

—Disponer de semilla de buena calidad a los productores paperos, incrementar la producción, productividad, optimizar el uso de insumos debido a una mayor uniformidad a la emergencia y vigor de plantas, así como ofertar productos de mejor calidad, de acuerdo a la exigencia del mercado. La alta productividad del sistema permite ofertar semillas de calidad a precios accesibles a los productores. Todo ello con impacto positivo en protección de la biodiversidad papera.

—¿Cómo se ha realizado esta investigación y su com-

probación para aplicarla en el Perú?

—El trabajo de investigación y validación de Fitotrones se realizó en la empresa CETS en Wisconsin, y las plántulas in vitro de las ocho especies cultivadas de papa fueron donadas por el Banco de Germoplasma de Papa de los Estados Unidos, porque enviar material de Perú implicaba retrasos en el tiempo, por medidas cuarentenarias.

—Finalmente, Ingeniera, ¿qué debe hacer el Perú teniendo en cuenta su valiosa biodiversidad y los distintos escenarios mundiales que tienen como eje la agricultura?

—El Perú debe asumir el reto de una revolución tecnológica para dar una respuesta multidimensional. Ante los desafíos de la conservación de la biodiversidad, el desarrollo de competitividad, el problema de la desnutrición y anemia, y afrontar el reto global del cambio climático. Tenemos todo para hacerlo. A nivel internacional, con base en su rica biodiversidad y amplitud climática, adoptando un enfoque, que incorpore seriamente la innovación tecnológica. El Perú debe apuntar a consolidarse como líder en la producción de papa de calidad y convertirse en el mayor proveedor de semillas de alta calidad en la región y el mundo. Finalmente, les comparto que a partir de este año inicia su operatividad el “Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica de la Papa y otros Cultivos Andinos (CITE Papa) y (RE N° 117-2016 ITP/DE) liderada por ADERS Perú en alianza con instituciones públicas y privadas nacionales e internacionales con el respaldo del Instituto Tecnológico de la Producción del Ministerio de la Producción. Este trabajo tendrá la posibilidad de motivar toda una revolución productiva para la papa y otra gama de productos andinos que son una verdadera promesa de desarrollo y progreso económico para nuestros agricultores, garantizando al mismo tiempo la conservación y mejor aprovechamiento de la biodiversidad. /

EQUIPO CIENTÍFICO DEL PROYECTO Con una mujer sobre el pedestal

El proyecto “Producción acelerada de semillas de papa de alta calidad en el Perú, potenciando la biodiversidad con tecnología de punta frente al cambio climático” es liderada por la Ing. Celfia Obregón Ramírez, con la participación del CPC Jesús Rodríguez Paniura, como Gestor de Negocio y asesoría de nuestro compatriota, el Dr. Alfonso del Río Cotrina, Investigador del Departamento de Horticultura de la Universidad de Wisconsin, y del Banco de Germoplasma de Papa de los Estados Unidos

Desde la formulación hasta la ejecución del proyecto se tiene el respaldo de las siguientes instituciones públicas y privadas nacionales e internacionales: En el Perú: el Ministerio de Agricultura y Riego y el Centro Internacional de la Papa (CIP). A nivel internacional la Universidad de Wisconsin, el Banco de Germoplasma de Papa del Gobierno de los Estados Unidos, liderado por el Dr. John Bamberg y la empresa Controlled Environmental Technology System (CETS) o Sistema de Producción de Semilla de Papa usando Ambientes Controlados, que dirige el Dr. Raymond Bula. /