



América Latina: Desarrollo de capacidad multi-país en cumplimiento del Protocolo de Cartagena en Bioseguridad (COLOMBIA, PERU, COSTA RICA, BRASIL)

1. Informe técnico final de subproyectos

Este formato debe ser utilizado para la presentación de informe de resultados de los subproyectos del componente 1 del Proyecto LAC-Biosafety.

Los aspectos que se deben tener en cuenta al momento de preparar el informe técnico por parte de los ejecutores, son:

- La información debe estar consignada en los cuadros ubicados bajo cada uno de los encabezados, escrito en “Times New Roman” 11 puntos, a espacio sencillo. Todas las páginas deben estar numeradas en la parte superior derecha. Las tablas y las figuras deben incluirse en este documento, y generadas en Word.
- Cuando por razones técnicas se realizaran cambios en la metodología propuesta en el subproyecto original, estos deben estar justificados debidamente, con el propósito de realizar el seguimiento y tener claridad de los métodos implementados durante la ejecución de la propuesta.
- El informe no debe exceder 5 páginas.
- El informe completo debe venir en Word y no PDF, para tener acceso a las tablas e información.
- Diligenciar el cuadro resumen de cumplimiento de objetivos comprometidos en el subproyecto. Es muy importante indicar los productos específicos generados como resultado de la investigación (e.j. # publicaciones científicas, tesis, mapas, redes de conocimiento generadas, bases de datos, metodologías adaptadas, guías operativas, estrategias de manejo, capacitación de autoridades competentes y/o investigadores y estudiantes, etc). Estos productos deben ser resultado directo de la implementación del subproyecto y deben ser evidentes, ítem 2.
- Diligenciar el cuadro resumen sobre estado financiero del subproyecto, ítem 3.
- Enviar el informe a su Coordinador Nacional con copia al LTR respectivo.

- **NOMBRE DEL PROYECTO**

Generación de una línea base de información sobre la capacidad de sobrevivencia y naturalización de poblaciones híbridas con caracteres de resistencia posterior al flujo de genes entre papas mejoradas, nativas y parientes silvestres

- **NOMBRE DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL**

Stef de Haan

- **NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN QUE DESARROLLA EL PROYECTO**

Centro Internacional de la Papa (CIP)

- **JUSTIFICACIÓN**

Investigaciones en papa han mostrado que el flujo de genes entre especies cultivadas y silvestres puede ocurrir a lo largo del tiempo. El flujo de genes entre cultivares mejorados fértiles, cultivos tradicionales y papas silvestres es biológicamente posible dado que las barreras inter-específicas son permeables en el genoma de la papa, y que en varios lugares papas mejoradas co-existen con nativas y silvestres. Sin embargo, no se sabe mucho sobre las condiciones y escenarios que pueden llevar a la naturalización exitosa posterior al flujo de genes. Se requiere de: (1) germinación de semilla botánica, (2) establecimiento inicial de híbridos, (3) sobrevivencia de híbridos, (4) incorporación en la población de cultivares por los agricultores. La capacidad de sobrevivencia de un híbrido es una función de su capacidad de competir con la flora endógena (poblaciones maleza) y de adaptación al ambiente (clima, suelo, manejo). El tizón tardío es una de las enfermedades más

devastadoras que afectan el cultivo de la papa a nivel mundial. La transgénesis es una opción real para lograr resistencia a ella y se puede especular que tal resistencia provee una ventaja para la sobrevivencia y el establecimiento. A su vez factores como longitud de estolón, precocidad, número de tubérculos producidos por mata, entre otros, pueden influir la eficiencia del establecimiento dependiendo del medio ambiente donde ocurre un proceso de dinámica población que resulta en una posible naturalización. Este sub-proyecto explora tres fenómenos. Primero, la investigación de los pasos 2 y 3 mediante la dinámica de poblaciones en diferentes ambientes. Segundo, el paso 4 se puede explorar entendiendo mejor las prácticas de los agricultores tradicionales en los Andes, específicamente el uso activo o pasivo de semilla botánica en el centro de origen de la papa. Tercero, se puede investigar el tema mediante el estudio de poblaciones existentes que son el resultado (histórico) de una probable naturalización. Es el caso de papas malezas con caracteres similares a las cultivadas (*Araq Papa*).

• DESCRIPCIÓN DEL SUBPROYECTO

El sub-proyecto consta de tres componentes de investigación: (i) investigación sobre la capacidad de sobrevivencia (2 ensayos de dinámica poblacional: múltiples ambientes / simulación de transgénesis), (ii) investigación sobre la consecuencia de uso de semilla sexual / híbridos en sistemas andinos de producción, (iii) investigación sobre el supuesto origen del grupo *Araq Papa* (caracterización molecular y morfológico).

1. Investigación sobre la capacidad de sobrevivencia: Ensayos de dinámica poblacional: tres en total con el mismo material genético que consiste de una amplia gama de la variabilidad genética de la papa, incluyendo híbridos entre silvestres y cultivadas, variedades nativas, material semi-silvestre (*Araq*), clones avanzados con resistencia a racha, y dos variedades comerciales como control. El material de propagación varía: tubérculos semilla, bayas con semilla sexual, trasplantes de semilla sexual y esquejes. Los tres campos están situados en un eje: Este-Oeste en los Andes Centrales situados en estaciones experimentales para facilitar la observación a través del tiempo (Valle Grande Yauyos, CIP Huancayo, Canchan Universidad de Huánuco). El diseño de los tres campos fue idéntico: Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Los campos fueron abandonados luego de establecerse las plantas. No se ha cosechado pero en una de las repeticiones (uno de tres) se practica el deshierbo periódico para simular una realidad de agricultura. Cada dos meses se midieron múltiples variables, tanto de la población de plantas sobrevivientes como de la flora invasiva (malezas). Ensayo de simulación de transgénesis: instalada en una zona endémica de *Phytophthora infestans* (Huaguin Huánuco) en un campo que se alquiló de una familia de agricultores. Se sembraron cuatro variedades comerciales con tres repeticiones y dos tratamientos: uno con fumigación semanal de fungicida simulando un transgen de resistencia. Cada dos meses se midieron múltiples variables, tanto de la población de plantas sobrevivientes como de la flora

invasiva (malezas).

2. Investigación sobre la consecuencia de uso de semilla sexual / híbridos en sistemas andinos de producción: A fin de poder recoger evidencia sobre la posible incorporación de productos de flujo de genes en las colectas familiares, ello tiene que basarse en el conocimiento y la experiencia de los agricultores. Se realizó una encuesta en el mes de marzo de 2012 la cual se aplicó a 807 agricultores (381 mujeres y 426 varones) que siembran papas nativas en los 3 departamentos donde se sitúan los campos (Lima, Junín y Huánuco; 10 provincias). La encuesta constó de 16 preguntas sobre la posible propagación sexual de las papas nativas al aparecer nuevas variedades espontáneamente en sus campos, además de 13 preguntas sobre las *Araq Papa*.

3. Investigación sobre el supuesto origen del grupo *Araq Papa*: El grupo *Araq Papa*, también llamada *Papa Gentil* (centro de Perú), *Papa Curao* (centro y norte de Perú), *Chayka Papa* (Yauyos, Perú), *Tipono* (Venezuela) o *Lelekkoya* (Bolivia), consiste de papas semi-silvestres que crecen como maleza pero que también son frecuentemente colectadas y consumidos por la población andina. Se colectaron un total de 17 accesiones de las *Araq Papa* provenientes de 6 departamentos en coordinación con el Programa de Papa del INIA. Con ellas se ha realizado: (i) caracterización molecular con 20 marcadores SSR y comparación con una colecta representativa del germoplasma de la papa cultivada (*composite genotype collection*), (ii) caracterización morfológica, (iii) citometría de flujo, (iv) ensayo de cuantificación de caracteres morfológicos diferenciales (longitud de estolón, grosor de la cáscara).

• OBJETIVOS

1. Determinar la capacidad de sobrevivencia y naturalización (“*fitness*”) de poblaciones híbridas específicas, incluyendo productos de flujo de genes y transgénicos simulados.
2. Determinar posibles usos de semilla botánica de papa en zonas de manejo tradicional de la papa.
3. Estudiar el origen de un grupo de papas de sospecho origen híbrido - naturalizado: los así llamadas *Papa Araq*.

• MÉTODOS

1. Investigación sobre la capacidad de sobrevivencia: Para el estudio de dinámica poblacional se establecieron 3 campos en 3 zonas contrastantes: Yauyos al Oeste, Huancayo al Centro y Huánuco al Este de los Andes Centrales. En cada campo se sembró el material

siguiente (20 plantas / plot): (i) híbridos entre silvestres y cultivadas (4 especies silvestres x 3 especies cultivadas; 37 accesiones), (ii) genotipos tipo *Andigena* de la población B1C5 selectos para resistencia a rancho (3 accesiones), (iii) papa semi-silvestre del grupo *Araq Papa* (9 accesiones), (iv) variedades nativas (3 accesiones), (v) bayas recogidas en Huánuco (2 plantas madres *Negra Andina* y *Tumbay*), (vi) trasplante de almácigo de semilla sexual del mismo origen (también de *Negra Andina* y *Tumbay*) haciendo un total de 17 grupos diferentes. La hipótesis de simulación de transgénesis es que sí existiría una variedad de papa transgénica resistente a *Phytophthora infestans*, esa tendría una ventaja para volverse silvestre (naturalizarse). Para simular ese tipo de fenómeno se seleccionaron 4 variedades (Canchan, Tumbay, Amarilis, Serranita) con diferentes grados de resistencia a la *P. infestans* para incluirlas en un ensayo de dinámica poblacional bajo dos tratamientos: (i) con resistencia transgénica simulada (aplicaciones continuas de fungicidas), (ii) sin aplicaciones de fungicidas posterior al establecimiento inicial de las plantas. Se sembró el ensayo con un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones (34 m² / plot). Tanto para el ensayo de simulación como para el ensayo de dinámica de poblaciones en 3 ambientes contrastantes se miden variables de sobrevivencia en una frecuencia bi-mensual: no. plantas / plot, no. tallos / planta, altura de planta, *Leaf Area Index* (LAI), no. inflorescencias / planta, no. bayas / planta, no. semillas / baya, senescencia, no. estolones / planta, longitud de estolón, no. tubérculos / planta, peso de tubérculos / planta, no. de malezas / planta, género de malezas por m². Los análisis de estos datos se dan en forma de modelaje en el tiempo.

2. Investigación sobre la consecuencia de uso de semilla sexual / híbridos en sistemas andinos de producción: Se aplicaron encuestas semi-estructuradas en las 3 zonas diferentes del centro del Perú: Yauyos, Huancayo, Huánuco. Se recogieron un total de 807 encuestas a agricultores tradicionales de estas zonas. Para tal fin se diseñó una encuesta con un total de 29 preguntas y se entrenó a equipos locales de encuestadores.

3. Investigación sobre el supuesto origen del grupo *Araq Papa*:

Se colectaron un total de 17 entradas de *Araq Papa* provenientes de 6 departamentos de la zona andina del Perú. Dichas entradas fueron utilizadas para estudios complementarios. Primero una caracterización molecular con 20 marcadores SSR del kit del CIP (Ghislain et al. 2007) y comparación con una colecta representativa del germoplasma de la papa cultivada (*composite genotype set*). Una vez limpiada la data se realizó un análisis de disimilitud utilizado DARwin 4.0 (coeficiente Jaccard). Segundo, una caracterización morfológica utilizando descriptores del CIP (Gomez, 2000). Tercero, citometría de flujo para confirmar la ploidia. Cuarto, un ensayo de cuantificación de caracteres morfológicos diferenciales (longitud de estolón, grosor de la cascara) con un Diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones (14 m² / plot).

• RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Investigación sobre la capacidad de sobrevivencia:

Ensayos de dinámica poblacional: en el segundo año el número más alto de plantas sobrevivientes se observó en Huancayo en octubre de 2011, en Huánuco en diciembre de 2011 y en Yauyos en marzo de 2012, correlacionado con la diferencia de periodos de lluvia y regímenes de temperaturas en las tres zonas. Por lo general el ambiente más seco de Yauyos ha mostrado facilitar mayor sobrevivencia de los cinco grupos principales en comparación con los otros dos ambientes: híbridos cultivadas x silvestres, *Araq Papa*, B1C5, nativas y control (figura 1, anexo 1). A su vez, en el ambiente Yauyos la diferencia entre el número de plantas de la repetición con y sin deshierbo en el segundo año es de 2.1, en Huancayo de 1.3 y en Huánuco de 1.2, mostrando que el efecto general de malezas sobre las accesiones sembradas fue más marcado en Yauyos. En cuanto a la sobrevivencia de los genotipos de los 17 diferentes grupos, los que mejor sobrevivencia mostraron a la última fecha de observación (evaluación 7) fueron el grupo de *Araq Papa* (papas semi-silvestres), el grupo B1C5 de clones avanzados con resistencia a *P. infestans* y las papas nativas. Los híbridos silvestres x cultivados en base a *Solanum chiquidenum* muestran mejor sobrevivencia en todos los ambientes en comparación con los otras combinaciones. Se han calculado proyecciones de sobrevivencia para cada uno de los 17 grupos con/sin deshierbo en cada uno de los ambientes. En la figura 2 (anexo 1) se observa un ejemplo con 3 extremos de proyección (3 grupos distintos). Este análisis es dinámico y está basado en modelaje. Muestra el comportamiento del grupo a través del tiempo y tiene la capacidad de predecir el probable comportamiento futuro basado en la performance anterior (figura 2). La semilla sexual colectada en bayas en Huánuco de la variedad Tumbay y Andina se sembró de dos formas: (i) en almácigo que luego se trasplantó a los tres ambientes, (ii) siembra directa donde se sembró toda la baya a 5 cm de profundidad en el suelo. Se observó en el ambiente de Yauyos la germinación densa de algunas bayas de semilla sexual, pero estas desaparecieron en la siguiente evaluación no logrando sobrevivir el delicado estadio de plántula. En cambio cuando esta misma familia fue sembrada en almácigo y llevada al campo hubo más del 90% de establecimiento en ambas fuentes de semilla en los 3 ambientes. Las observaciones del año 2 fueron que un buen numero de estas brotaron pero el modelo se les asigna un nula sobrevivencia para el año 3 en los 3 campos con y sin deshierbo, debido a que las plantas se mostraron débiles (figura 2c, anexo 1). A nivel de las correlaciones entre capacidad de sobrevivencia y factores que influyen en ella se

ha determinado que la cobertura foliar de los diferentes genotipos es determinante durante los primeros 2 años de competencia con la flora maleza (figura 3, anexo 1). En Huánuco se registraron 24 especies de malezas siendo las dos dominantes (densidad) *Pennisetum clandestinum* (kikuyo) e *Ipomea purpurea* (camote silvestre). En Huancayo se registraron 20 especies y las dos dominantes fueron *Veronica persica* (hierba gallinera) y *Poa annua* (grama), mientras que en Yauyos se registro 17 especies siendo la más frecuente *Erodium cicutarium* (aguja-aguja) y *Oxalis coniculada* (caña-caña). Se ha realizado un análisis de interacción de genotipo por ambiente tomando en cuenta cada una de las accesiones y ambientes. Hay muchos genotipos que se comportan establemente en los tres ambientes en cuanto a la (no-)sobrevivencia. Sin embargo, también hay genotipos selectos, como las accesiones 1, 2, 3, 42 y 47, que muestran un comportamiento de sobrevivencia muy ligada al ambiente, tanto con / sin deshierbo (figura 4, anexo 1). Simulación de transgénesis: La figura 5 (anexo 1) muestra los resultados hasta la fecha de la última evaluación las plantas sobrevivientes en el campo de simulación de la parcela con / sin deshierbo y con / sin aplicación de fungicida. En la parcela con deshierbo hay una muy ligera sobrevivencia mayor con el tratamiento con la aplicación de fungicida que da pie para argumentar que el fungicida afecta positivamente la sobrevivencia. Sin deshierbo se nota una importante reducción de plantas sobrevivientes. Sin embargo, hay una mejor sobrevivencia en el tratamiento sin fungicida que posiblemente se debe a que el fungicida afecta el ambiente (composición de poblaciones de maleza). La variedad Serranita muestra mayores tasas de sobrevivencia en comparación con las otras variedades, indicando que la resistencia genética si es un factor que influye positivamente en la sobrevivencia. Cada variedad presentó características singulares de sobrevivencia en el medio probado donde *P. infestans* es solo uno de los factores que inciden negativamente en la sobrevivencia. La competencia con la flora local, enfermedades como la pudrición y la presencia de polilla de papa también influyen fuertemente en la capacidad de sobrevivencia.

2. Investigación sobre la consecuencia de uso de semilla sexual / híbridos en sistemas andinos de producción:

Se realizaron un total de 807 encuestas y se construyó una base de datos (tabla 1). La tabla 1 muestra el número de familias encuestadas por departamento y por sexo.

Tabla 1: Total de encuestados por región y según sexo

Región	Sexo		
	Mujer	Varón	Total
	N°	N°	N°
Huánuco	109	164	273
Junín	167	157	324
Lima	105	105	210
TOTAL	381	426	807

La respuesta a la pregunta si alguna vez aparecieron variedades de papa en sus campos que no habían sembrado y que no habían visto nunca antes (que excluye las papas huachas) fue la siguiente: La mayoría de 546 (68%) de los agricultores de papa nativa contestó que no, pero un número significativo de 261(32%) dijeron que sí. Aun se está analizando este cuestionario para poder identificar el rol que juegan estas papas en el acervo genético de las papas nativas. La respuesta a la pregunta “si conocían las *Araq Papa*” (conocidas en Huánuco como *Papa Curao* y en Yauyos como *Chayka Papa*). En Huánuco 20 agricultores respondieron que no (7.3%) y 253 que si (92.7%), en Junín 71 respondieron que no (21.9%) y 253 dijeron que sí (78.1%), mientras que en Yauyos 38 (18.1%) dijeron que no y 172 (81.9%) que sí. Es decir, la gran mayoría de los agricultores encuestados están familiarizados con estas papas semi-silvestres. La Respuesta a la pregunta “si esta papa les proporciona un beneficio, o al contrario, les perjudica o si son indiferentes que ni les daña o les ayuda” 225 agricultores de Huánuco (88.9%) dijeron que son beneficiosas, 15 (5.9%) dijeron que era una mala hierba que les dañaba, y 4 (1.6%) dijeron que eran indiferentes, no molestaba pero tampoco beneficiaba. En Junín 61 (24.1%) la consideraban beneficiosa, 83 (32.8%) la consideraban una maleza, y 107 (42.3%) le eran indiferente. En Yauyos 18 dijeron que era beneficiosa (10.5%), 63(36.6%) dijeron que era una maleza, y 83 (48.3) dijeron que eran indiferentes. Proporcionalmente una mayoría la considera beneficiosa, o indiferente y un grupo relativamente menor pero significativo la considera una maleza. Sólomente en Huánuco se han mencionado 795 nombres de papas nativas y más de 200 nombres de las *Araq Papa*. Aún falta realizar un análisis detenido de la información recolectada con la encuesta regional. La base de datos fue construida durante los meses de mayo a julio de 2012.

3. Investigación sobre el supuesto origen del grupo *Araq Papa*:

La caracterización molecular con marcadores SSR y la comparación con una colecta representativa del germoplasma de la papa cultivada (*compsite genotype set*) indica que el grupo de *Araq Papa* se agrupa efectivamente con el *Solanum tuberosum* tetraploid Andigenum group. La citometría de flujo para las 17 accesiones de 7 departamentos confirma que todos son tetraploide. Básicamente estos resultados confirman que los *Araq Papa* pertenecen a un taxón de papa cultivada. ¿Pero fueron un paso intermedio en la domesticación o más bien un escape de cultivada a silvestre? En el dendrograma de disimilitud, las entradas de *Araq Papa* no se agrupan (figura 6, anexo 1). Más bien las diferentes accesiones de *Araq Papa* (color naranja) se distribuyen de forma dispersa en el clade del *Solanum tuberosum* tetraploid Andigenum group (color azul). Eso indica múltiples eventos de origen o diversificación lo cual puede implicar asilvestramiento a partir de semilla botánica. La caracterización morfológica indica gran variabilidad en cuanto a forma, color de piel, color de flor, entre otros caracteres. En la campaña 2011-2012 (diciembre a junio) se realizó un ensayo adicional para tratar de cuantificar caracteres morfológicos diferenciales: principalmente longitud de estolón y grosor de la cascara. Un total de siete entradas de *Araq Papa* sembradas en macetas de 50 cm de diámetro y enterradas en un campo en diciembre del 2011 fueron comparadas con doce entradas cultivadas del *Solanum tuberosum* tetraploid Andigenum group y un outgroup (*Solanum juzepczukii*). Los resultados preliminares indican que no todas las *Araq Papa* que se evaluaron con el método de maceta mostraron estolones largos, mientras que varias entradas cultivadas del *Solanum tuberosum* tetraploid Andigenum group si mostraron estolones largos. Por ello no se pudo afirmar que las *Araq Papa* se diferencian de Andigenum cultivada por estolones largos. En cuanto a rendimientos los resultados de la siembra están en análisis. Finalmente aún no se ha podido determinar si se diferencian por largo del periodo de dormancia o el grosos de su cáscara, ya que aún se está llevando a cabo este trabajo (la cosecha recién fue realizada en junio de 2012).

• CONCLUSIONES

- Existe mucha variabilidad entre los 17 grupos de genotipos evaluados en cuanto a su capacidad de sobrevivencia en un ensayo de dinámica poblacional. De los híbridos entre especies silvestres por cultivadas, aquellas entradas con *Solanum chiquidenum* como parental mostraron mayor capacidad de sobrevivencia. Investigación a nivel de pre-mejoramiento con *S. chiquidenum* también ha mostrado que esta especie tiene una alta resistencia a *P. infestans* con valores bajo de AUDPC (*area under the disease progress*

curve).

- Los híbridos entre especies silvestres por cultivadas no mostraron mejor capacidad de sobrevivencia comparada con los grupos de genotipos cultivadas (B1C5, nativas) o semi-silvestres (*Araq Papa*). Las características que hacen una buena variedad cultivada también son características que favorecen la resiliencia en el campo: precocidad, resistencia a *P. infestans*, etc.
- La mayoría de los genotipos mostraron ser estables para la característica de (no-)sobrevivencia independiente del ambiente de crecimiento. Sin embargo, también existen varios genotipos que mostraron una capacidad diferencial según ambiente en cuanto a su sobrevivencia.
- Bajo condiciones de deshierbo la simulación de transgénesis en base a la aplicación de fungicidas da una ligera ventaja de sobrevivencia en comparación con el mismo tratamiento sin fungicidas. Bajo condiciones de abandono (sin deshierbo) la resistencia genética provee una clara ventaja de sobrevivencia.
- Idealmente los experimentos de dinámica poblacional / simulación de transgénesis deben llevarse a largo del tiempo hasta que se extingan las plantas. El CIP tiene la intención de continuar con el monitoreo de los campos hasta finales del 2013 para que los resultados sean científicamente sólidos (periodo total de 3 años).
- La información preliminar de encuestas con agricultores tradicionales indica que existe un grupo grande que ha observado la aparición espontanea de nueva variabilidad en el campo. Se puede especular que la nueva variabilidad que se pueda originar desde un flujo de genes y una sobrevivencia inicial exitosa sí puede ser incorporada dentro de los portafolios varietales de las familias andinas.
- Los datos SSR, los datos morfológicos y se podría confirmar que los *Araq* pertenecen al grupo de *Solanum tuberosum* tetraploid Andigenum group. Las *Araq Papa* se originan de eventos diferentes: muy probablemente desde semilla sexual. La mayoría de los agricultores conocen las *Araq Papa*, que también es un testimonio que la semilla sexual tiene la capacidad de establecerse bajo condiciones muy especiales, aunque no lo pudimos comprobar experimentalmente en los ensayos. Interesantemente las *Araq Papa* requiere de campos desmalezados y prospera en zonas bajas donde actualmente no se cultiva papa nativa.
- Finalmente, no existe una respuesta blanco o negro (si / no) a la suposición original de esta investigación: el famoso “*so what?*”. Se puede decir, en forma general, que el establecimiento de genotipos provenientes de un proceso de flujo de genes es muy raro. Sin embargo, hay genotipos que logran sobrevivir suficiente tiempo para poder ser observados por sujetos humanos y consecuentemente

ser incorporado a una agricultura tradicional (independientemente si se trata de un transgen sí o no).

- La investigación aquí reportada será publicado en artículos científicos con mucho mayor detalle. Se prevé la entrega de las primeras versiones para Septiembre del 2012.

• BIBLIOGRAFÍA

- Celis, C., Scurrah, M., Cowgill, S., Chumbiauca, S., Green, J., Franco, J., Main, G., Kiezebrink, D., Visser, R.G.F., and Atkinson, H.J. (2004). Environmental biosafety and transgenic potato in a centre of diversity for this crop. *Nature* 432(11):222-225.
- De Haan, S. (2009). Potato Diversity at Height: multiple dimensions of farmer driven *in-situ* conservation in the Andes. PhD thesis. Wageningen University, Wageningen.
- Ellstrand, N.C. (2005). *Dangerous liaisons? When cultivated plants mate with their wild relatives*. John Hopkins University Press, Maryland.
- Ghislain, M., Núñez, J., Del Rosario Herrera, M., Pignataro, J., Guzman, F., Bonierbale, M. and Spooner, D.M. (2009). Robust and highly informative microsatellite-based genetic identity kit for potato. *Molecular Breeding* 23:377-388.
- Ghislain, M., Trognitz, B., Herrera, Ma. del R., Solis, J., Casallo, G., Vasquez, C., Hurtado, O., Castillo, R., Portal, L. and Orrillo, M. 2001. Genetic loci associated with field resistance to late blight in offspring of *Solanum phureja* and *S. tuberosum* grown under short-day conditions. *Theoretical Applied Genetics* 103:433-442.
- Ghislain, M., Núñez, J., Herrera, M., Pignataro, J., Guzman, F., Bonierbale, M. and D. Spooner 2009. Robust and highly informative microsatellite-based genetic identity kit for potato. *Molecular Breeding*, 23(3): 377-388.
- Gibson, D.J. (2002). *Methods in comparative plant population ecology*. Oxford University Press, New York.
- Gomez, R. (2000). *Guía para las Caracterizaciones Morfológicas Básicas en Colecciones de Papa*, CIP, Lima.
- Gressel, L. (2005). *Crop Fertility and Volunteerism*. CRC Press, Boca Raton.
- Lawson, H.M. (1983). True potato seeds as arable weeds. *Potato Research* 26: 237-246.
- Pilson, D., and Prendeville, H.R. (2004). Ecological effects of transgenic crops and the escape of the transgenes into wild populations. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*: 35(149-174).
- Sax, D.F., Stachowicz, J.J., and Gaines, S.D. (2005). *Species invasions: insights into ecology, evolution and biogeography*. Sinauer Associates, Sunderland.
- Scurrah, M., Celis-Gamboa, C., Chumbiauca, S., Salas, A., and Visser, R.G.F. (2008). Hybridization between wild and cultivated potato species in the Peruvian Andes and biosafety implications for the deployment of GM potatoes. *Euphytica* 164:881-892.
- Quiros, C.F., Ortega, R., Van Raamsdonk, L., Herrera-Montoya, M., Cisneros, P., Schmidt, E., and Brush, S.B. (1992). Increase of potato genetic resources in their center of diversity: the role of natural outcrossing and selection by Andean farmers. *Genetic Resources and Crop Evolution* 39:107-113.

2. Cuadro resumen de cumplimiento de objetivos comprometidos en el subproyecto y productos obtenidos

Área Temática: Flujo de Genes

Fecha informe: 19/07/2012

Investigador Principal: Stef de Haan

Institución: International Potato Center (CIP)

Título Subproyecto: Generación de una línea base de información sobre la capacidad de sobrevivencia y naturalización de poblaciones híbridas con caracteres de resistencia posterior al flujo de genes entre papas mejoradas, nativas y parientes silvestres						
	Fecha de inicio		Fecha de finalización		Indicadores de resultados por actividad (Productos obtenidos)	
	Programada	Efectiva	Programada	Efectiva	Comprometidos	Obtenidos a la fecha
Objetivo 1 Aptitud y adaptación de población híbrida con características específicas determinada						
Actividad 1.1	Selección de material híbrido pre-mejoramiento y nuevas resistencias (B1C5)	Marzo 2010	Abril 2010	Diciembre 2010	Material seleccionado (56 genotipos)	id
Actividad 1.2	Multiplicación de material selecto (CIP)	Marzo 2010	Diciembre 2010	Diciembre 2010	Población de semilla, esquejes y colección de semilla sexual	id
Actividad 1.3	Instalación de experimento de dinámica poblacional con material híbrido	Diciembre 2010	Diciembre 2010	Diciembre 2010	Material instalado en 3 ambientes contrastantes (Yauyos, Huancayo, Huanuco)	id
Actividad 1.4	Instalación del experimento dinámica poblacional con semilla sexual	Diciembre 2010	Diciembre 2010	Diciembre 2010 (semilla) Febrero 2010 (<i>seedlings</i> de invernadero)	Material instalado en 3 localidades contrastantes (Yauyos, Huancayo, Huanuco)	id
Actividad 1.5	Experimento de simulación de	Diciembre 2010	Diciembre 2010	Diciembre 2010	Sembrado el 23-12-10 (Mayobamba, Huanuco)	id

	resistencia					
Actividad 1.6	Monitoreo y toma de datos	Diciembre 2010	Fin del proyecto	Junio 2012	Observaciones bimensuales	id
Objetivo 2 potencial de uso de semilla botánica determinada						
Actividad 2.1	Línea de base de variedades actualmente presentes en comunidades	Marzo 2012	Enero 2011	Junio 2012	Base de datos (línea de base)	Capacitación de 3 estudiantes universidad de Huánuco, con participación de un profesor y 1 estudiantes de Junín
Actividad 2.2	Encuesta sobre uso de semilla botánica	Marzo 2012	Enero 2011	Marzo 2012	Base de datos (línea de base)	capacitación de 3 estudiantes universidad de Huánuco, con participación de un profesor y 1 estudiantes de Junín
Actividad 2.3	Muestreo de papas huachas o remanentes en campos	-	Enero 2011	-	-	Componente no realizado
Actividad 2.4	Caracterización de origen material colectado.	-	Mayo 2011	-	-	Componente no realizado
Objetivo 3 Origen y diversidad de la población semisilvestre “Araq” establecida						
Actividad 3.1	Colección de accesiones semi-silvestres para caracterización morfológica y molecular	01-04-10	Septiembre 2010	Septiembre 2010	Una colección inicial de 17 accesiones establecido (6 departamentos del Perú)	Participación a nivel de todo el Peru: de INIA Cajamarca, INIA Junín y INIA Cusco y UNALM_.
Actividad 3.2	Caracterización Morfológica y molecular (SSR)	01-04-10	Diciembre 2010	Diciembre 2010	17 accesiones caracterizadas con 20 marcadores SSR	id
Actividad 3.2	Caracterización de Araq, incluyendo N° de ploidia y filogenia	01-04-10	Septiembre 2010	Junio 2012	Ploidía determinada, caracterización morfológica completa, caracterización de longitud de estolón y grosor de piel	id

Actividad 3.4	Estudio de dinámica poblacional para estudiar naturalización de Araq.	Diciembre 2010	Diciembre 2010	Junio 2012	Observaciones bimensuales	Tesis Ing Agrónomo Katherin Paola Meza Retamozo. Universidad Nacional del Centro Sustentación Octubre 2012.
Observaciones	<p>No se pudo realizar actividades 2.3 y 2.4 por motivos metodológicos. En vez de ello se profundizó el estudio de características de las colectas de Araq Papa</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>La tesis de Katherine Meza lleva por título Capacidad de establecimiento y supervivencia de poblaciones diversas de papa cultivada e híbridos interespecíficos en competencia con la flora pionera en ambientes contrastantes del Perú.</i> • <i>Se presentaron 2 trabajos basados en el proyecto LAC BIOSAFETY en la reunión de la Asociación Latinoamericana de la Papa en Brasil: 17-20 de Setiembre 2012 Becoming wild: investigating the putative origin, feral capacity and ethnobotany of Araq potatoes</i> Autores: De Haan, Stef¹; Scurrah, Maria¹; Bastos, Carolina¹; Katherine Meza²; Herrera, Rosario¹; Solorzano, Mary L.³; Ghislain, Marc¹ • Evaluación de capacidad de sobrevivencia y naturalización de híbridos silvestres x Cultivados, clones avanzados con resistencia, papas nativas y semisilvestre en los Andes Peruanos y simulación de un transgén y su efecto en la sobrevivencia.. autores: Maria Scurrah, Stef de Haan Katherine Mesa, Carolina; Bastos Felipe De Mendiburo y Elisa Salas. 					

3. Resumen estado financiero subproyecto

Presupuesto inicial subproyecto					Ejecutado a la fecha	Saldo a la fecha
Categoría	Año 1	Año 2	Año 3	Total Presupuesto		
Personal	0.00	30,945.99	17,768.32	53,780.00	48,714.31	0.00
Viajes	771.67	5,051.69	11,879.76	19,040.00	17,703.12	0.00
Servicios	1,675.01	13,879.20	43,435.16	44,905.00	58,989.37	0.00
Suministros	1,782.37	1,813.00	6,461.10	16,300.00	10,056.47	0.00
Equipo	0.00	0.00	2,561.73	4,000.00	2,561.73	0.00
TOTAL	4,229.05	51,689.88	82,106.07	138,025.00	138,025.00	0.00

Nota: Si el presupuesto inicial del subproyecto incluía otras categorías o rubros de gasto no dude en adecuarlo a lo requerido.



Anexo I: Figuras (sección de resultados)

Figura 1: Resumen de las tasas de sobrevivencia de cuatro grupos de genotipos

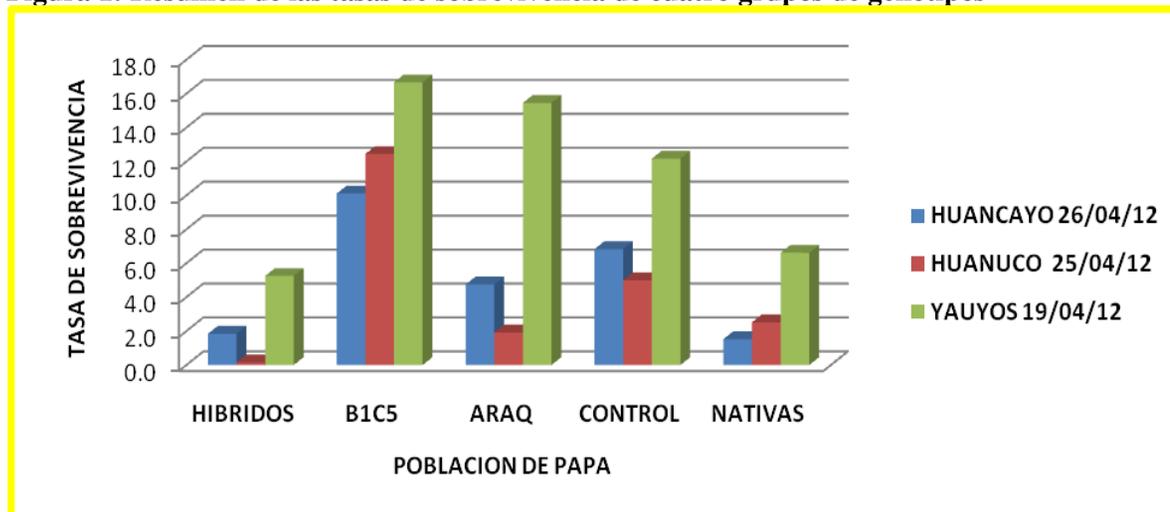
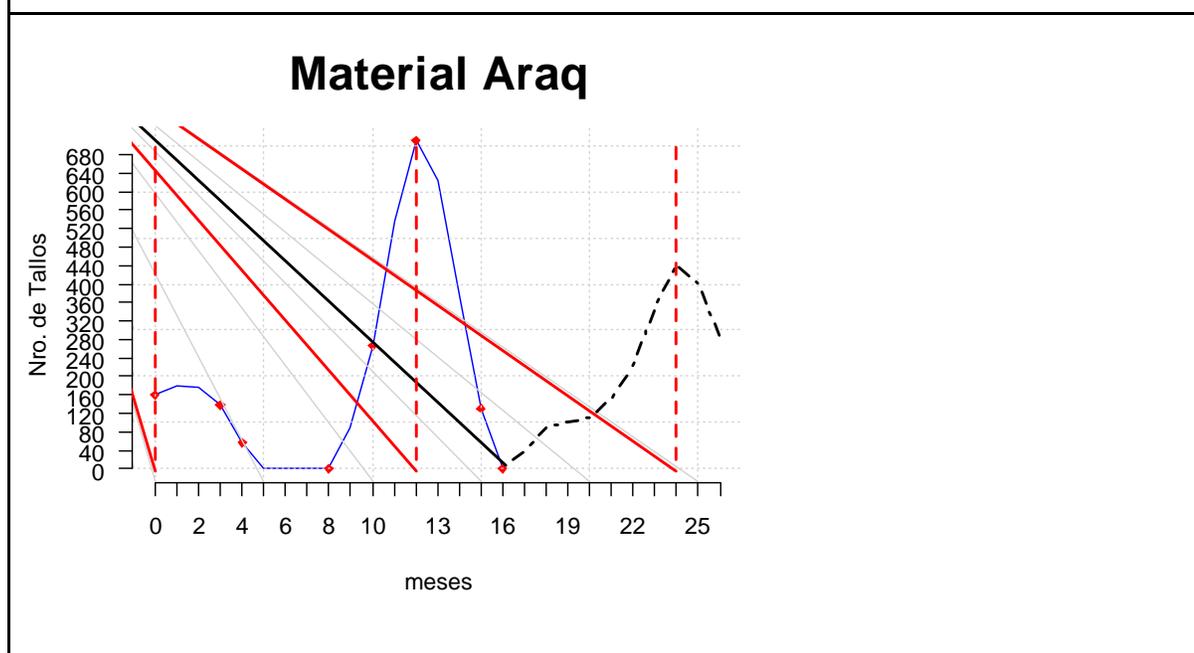


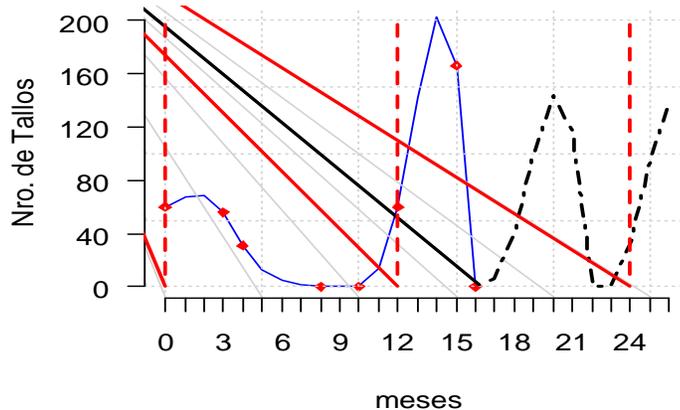
Figura 2: Proyección de sobrevivencia de tres de los diecisiete grupos contrastantes

2a: proyección para el grupo *Araq Papa* (positivo pero con tendencia disminuir gradualmente)



2b: proyección para el grupo B1C5 (positivo con tendencia a estabilizarse)

Material B1C5



2c: proyección para el grupo de plantas a partir de semilla sexual trasplantadas (negativa con tendencia disminuir muy rápidamente)

Transplante por baya

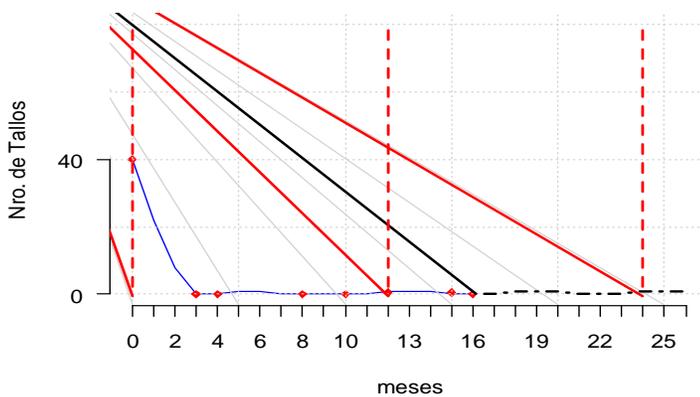
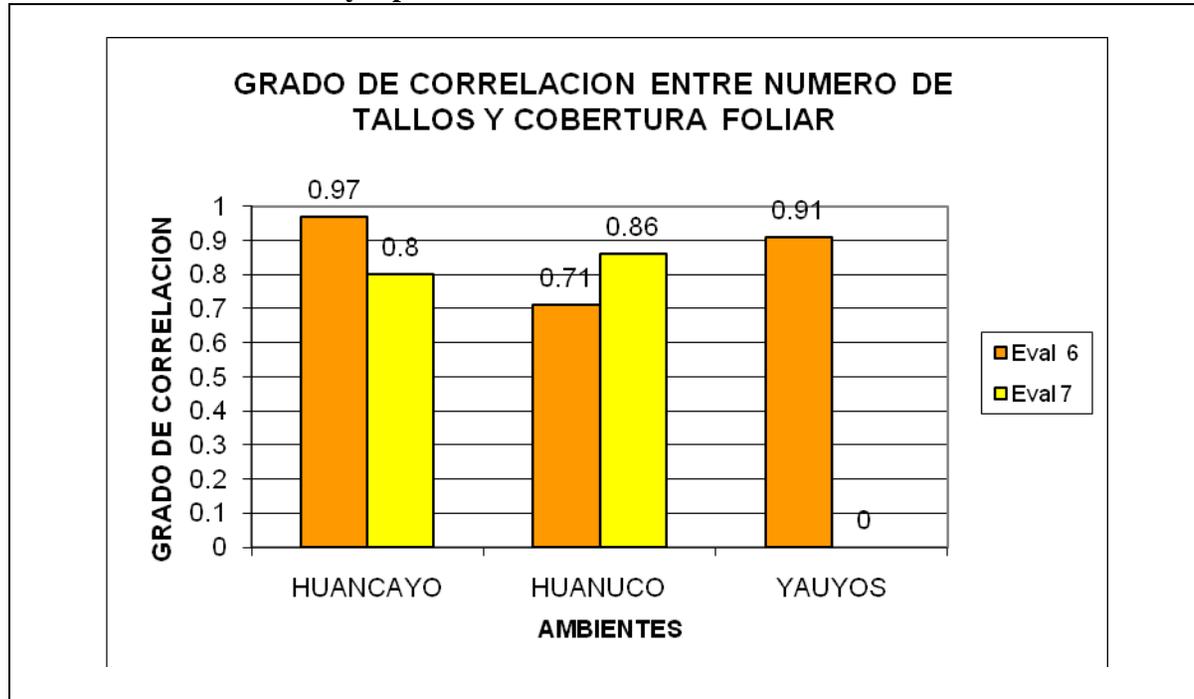


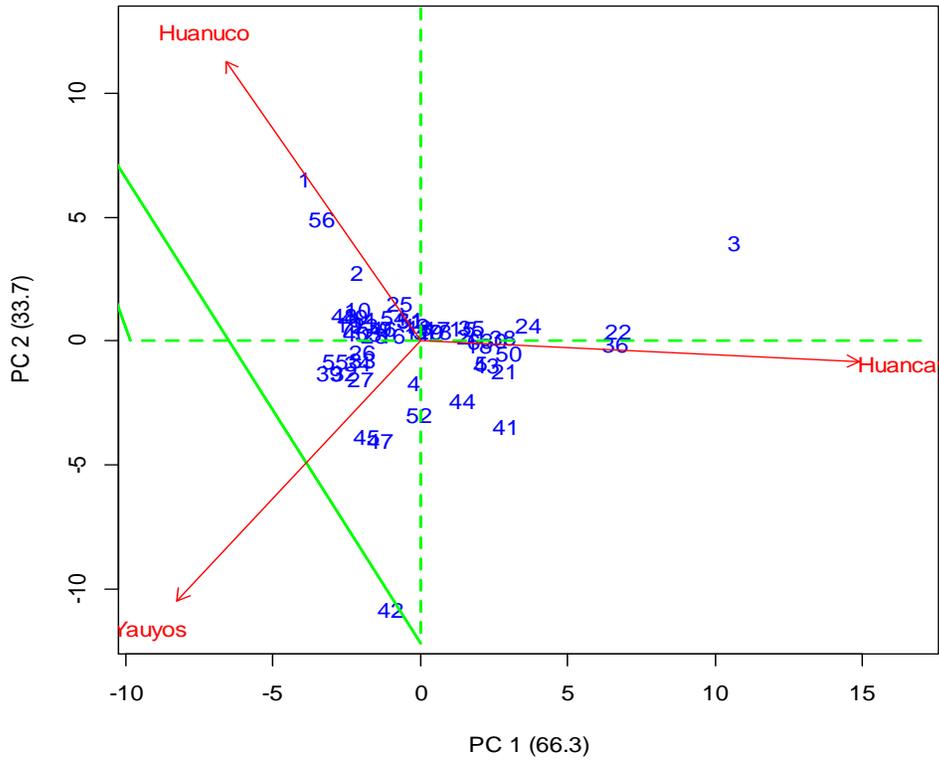
Figura 3: Correlaciones entre la sobrevivencia representado por numero de tallos y cobertura foliar al la sexta y séptima evaluación



* La séptima evaluación en Yauyos coincidió con una época sin plantas (por ello no hay correlación)

Figura 4: Interacción genotipo por ambiente según análisis AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction)

4a: interacción genotipo por ambiente en un AMMI biplot (con deshierbo)



4b: interacción genotipo por ambiente en un AMMI biplot (sin deshierbo)

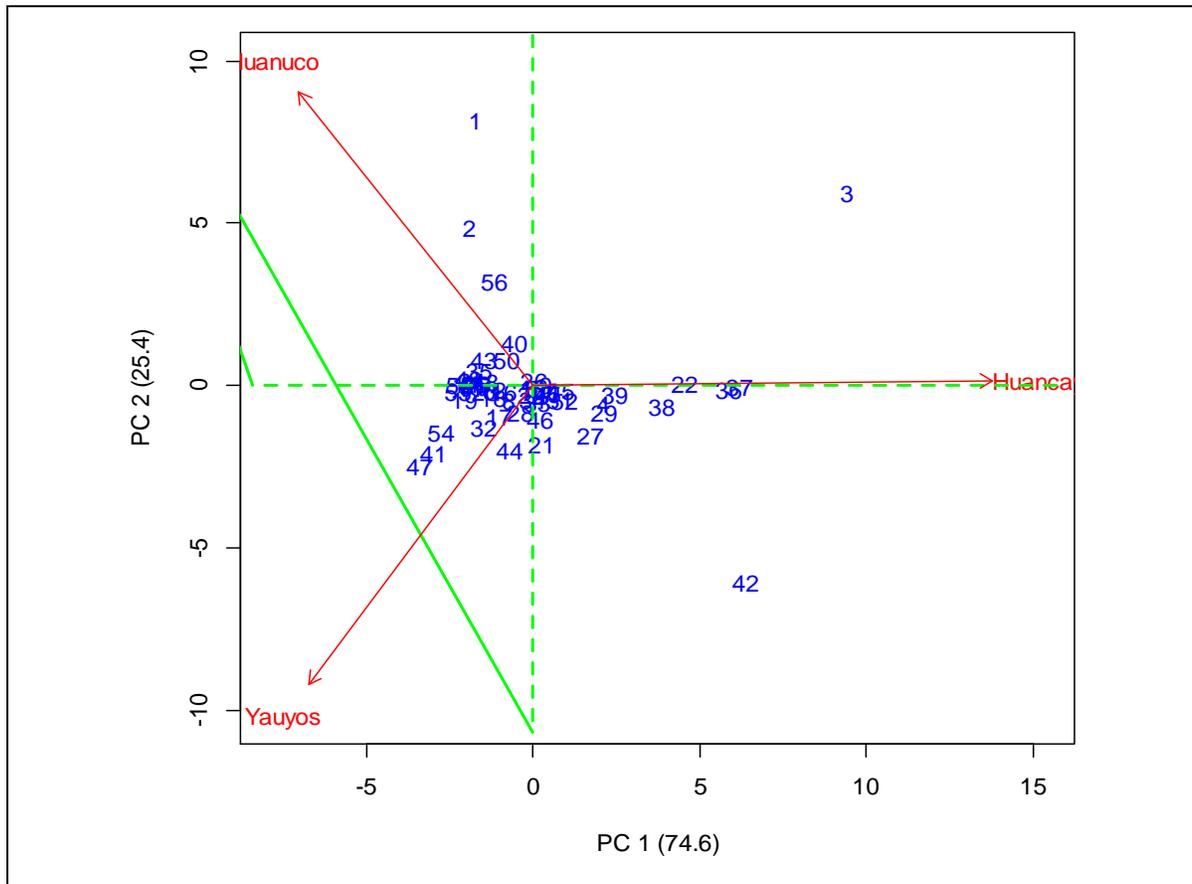


Figura 5: Sobrevivencia de cuatro variedades con / sin deshierbo y con / sin aplicación de fungicidas

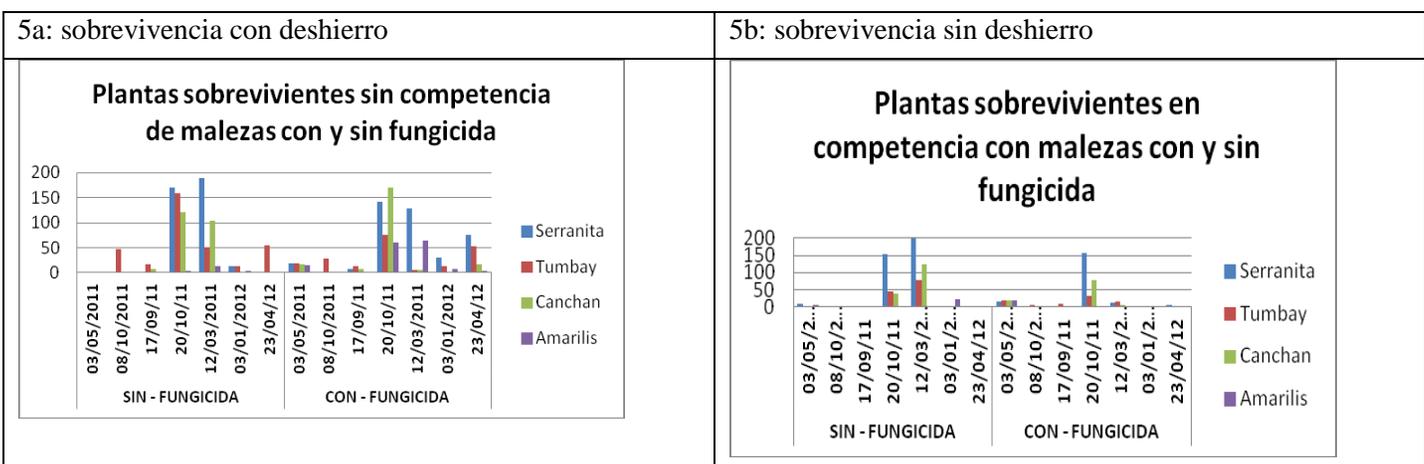


Figura 6: Dendrograma construido con DARwin 4.0 mostrando la distribución de las 17 colectas de Araq Papa frente a un *Composite Genotype Set* (CGS) del CIP

