

Nº 162 /

Osorno, 27 de marzo de 2009.

Señor
MAURICIO CAÑOLES
Fundación para la Innovación Agraria
Loreley 1582
La Reina
SANTIAGO

OFICINA DE PARTES 2 FIA RECEPCIONADO	
Fecha	30 MAR 2009
Hora	8:30
Nº Ingreso	3761

**Ref.: Envía Informe Técnico-Difusión y
Financiero del Proyecto Código
FIA COC-2008-0245.**

De mi consideración:

Tengo el agrado de enviar a Ud., tres copias del Informe Técnico-Difusión y Financiero del proyecto FIA COC-2008-0245: **“Estudios de los cambios poblacionales de *Phytophthora infestans* para diseñar estrategias de control en Chile”**.

Los Certificados de Cargos y Aportes de INIA (Informe Financiero), fueron firmados por el Jefe del Departamento de Contabilidad del Centro Regional de Investigación Remehue, Sr. Javier Esparza Ríos en ausencia del Subdirector de Administración y Finanzas, Sr. Gonzalo Concha Wilson.

Se incluye CD con la información.

Saluda atentamente a Ud.,



ELACUÑA BRAVO, Ing. Agrónomo Ph.D.
Coordinadora Propuesta FIA
COC-2008-0245

IAB/mop.

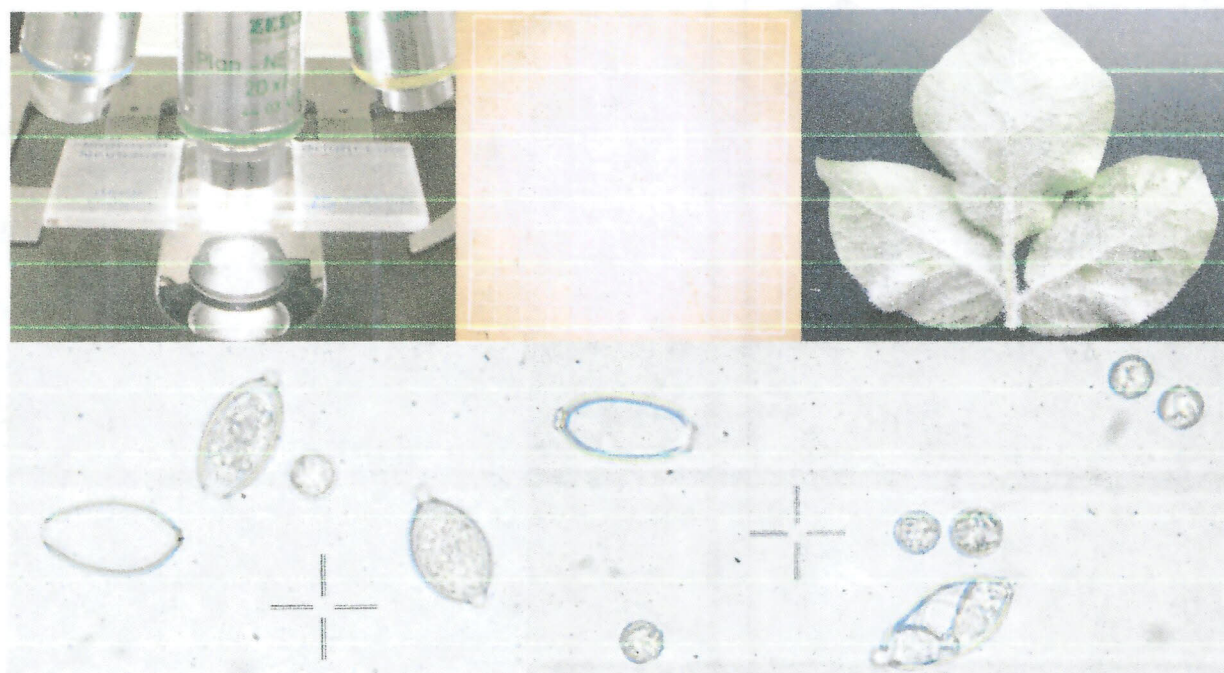
Incl. Informes Técnico&Difusión-Financiero y CD.

c.c. Srta. Paulina Erdmann, Ejecutiva FIA.
Sr. Jaime Carrillo, Ejecutivo Unidad de Proyectos INIA Remehue.
Oficina de Partes INIA Remehue.
Archivo.



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS
INIA

**PROGRAMA CONTRATACIÓN DE CONSULTORES
FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA**



PROPUESTA COC-2008-0245 :

**ESTUDIOS DE LOS CAMBIOS POBLACIONALES DE
Phytophthora infestans PARA DISEÑAR ESTRATEGIAS
DE CONTROL EN CHILE**

MARZO 2009

OFICINA DE PARTES 2 FIA	
RECEPCIONADO	
Fecha	30 MAR 2009
Hora	8:30
Nº Ingreso	3761

CONTENIDO DEL INFORME TÉCNICO Y DIFUSIÓN

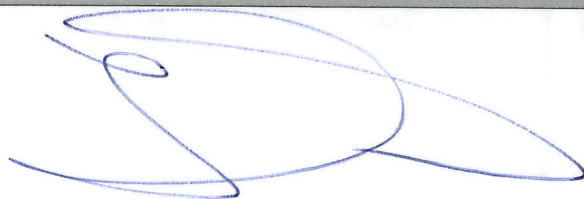
Fecha de entrega del Informe

30 DE MARZO DE 2009

Nombre del coordinador de la Ejecución

IVETTE ACUÑA BRAVO

Firma del Coordinador de la Ejecución



1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA PROPUESTA

Nombre de la propuesta

ESTUDIOS DE LOS CAMBIOS POBLACIONALES DE *Phytophthora infestans* PARA DISEÑAR ESTRATEGIAS DE CONTROL EN CHILE

Código

COC-2008-0245

Entidad responsable

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Coordinador(a)

IVETTE ACUÑA B.

Fecha de realización (inicio y término)

3 AL 18 DE ENERO 2009

2. RESUMEN DE LA PROPUESTA

El tizón tardío, ha llegado a ser la enfermedad de mayor importancia en el cultivo de la papa, presentando gran importancia en Chile y en el mundo. En los últimos años se han determinado cambios en las características de las poblaciones de *P. infestans*, agente causal de esta enfermedad, en nuestro país. Estos cambios coinciden con una nueva sintomatología de la enfermedad, mayor agresividad y desarrollo de epifitias. Esta situación plantea nuevos desafíos de manejo de la enfermedad y su agente causal. El objetivo de esta propuesta fue traer como consultora a la Dra. Jean Ristaino, fitopatóloga de la North Carolina State University, USA. La Dra. Ristaino lidera trabajos de investigación con énfasis en enfermedades de solanaceas causadas por hongos oomycetes, enfocada principalmente a estudios en la ecología, epidemiología y dispersión de patógenos. Ha realizado trabajos pioneros en la utilización de técnicas de DNA forenses para el estudio de las migraciones de *P. infestans*, determinando la evolución molecular y la migración histórica. Su trabajo tiene como metas principales el desarrollar prácticas de manejo con énfasis ecológico que reduzca el uso de pesticidas.

La Dra. Ristaino en su visita a Chile realizó trabajos de capacitación en protocolos y estudios para el monitoreo de *P. infestans* en Chile. Se enfatizó en trabajo de haplotipos mitocondriales y su importancia en la epidemiología, dispersión y migración del hongo. Es así como se discutió en terreno la importancia de conocer la dispersión y fuentes de la enfermedad, caracterizando las poblaciones asociadas a diferentes hospederos. Esto puede ayudar a determinar los potenciales movimientos, dispersiones e introducciones del patógeno. En torno a esto se plantearon propuestas concretas de trabajo futuro.

La propuesta contempló, igualmente una serie de actividades de difusión, entre las que se destacaron la realización de una charla técnica en Osorno por parte de la Dra Ristaino enfocada a agricultores, profesionales, técnicos y estudiantes y su participación en una conferencia magistral en el Congreso Latinoamericanos de Fitopatología realizada en Santiago. Su participación en este evento fue de gran admiración y se comentó sobre nuevos estudios de manejo integrado y la formación de alianzas para el desarrollo de nuevos proyectos.

3. ALCANCES Y LOGROS DE LA PROPUESTA

Problema a resolver, justificación y objetivos planteado inicialmente en la propuesta

El patógeno *P. infestans*, agente causal del tizón tardío de la papa, presenta gran importancia en Chile y en el mundo. Estudios realizados en nuestro país determinaron cambios en las características de las poblaciones de este pseudohongo, dadas por la presencia de un alto porcentaje de individuos resistentes a metalaxil y con diferentes patrones isoenzimáticos y marcadores microsatélites a los previamente encontrados. Estos cambios coinciden con cambios en la sintomatología de la enfermedad, mayor agresividad y desarrollo de epifitias. Esta situación plantea nuevos desafíos de manejo de la enfermedad. Sin embargo, para el planteamiento de las nuevas estrategias es necesario conocer la ecología y epidemiología de la enfermedad en su nuevo estatus. Por lo que el conocimiento de nuevos protocolos y técnicas de monitoreo son fundamentales.

El objetivo general de esta propuesta fue:

1. Traer a Chile como consultora a la Dra. Jean Ristaino, esto con el propósito de hacer una capacitación en el desarrollo de técnicas de caracterización de poblaciones de *P. infestans*, estudios de ecología, epidemiología y dispersión del agente causal de tizón tardío en papa en Chile, además de dar a conocer su trabajo a la comunidad científica latinoamericana.

Objetivos alcanzados tras la realización de la propuesta

Los objetivos planteados se cumplieron en un 100%. La visita de la Dra. Ristaino ayudo a clarificar un nuevo enfoque al estudio de caracterización y migraciones de las poblaciones de *P. infestans*. Es así como se plantean nuevos estudios de colección y caracterización en material nativo de papa y otras especies silvestres y cultivadas de solanáceas. Esto en conjunto con los estudios de haplotipos mitocondiales, podrían explicar la detección de nuevas poblaciones de *P.*

infestans en Chile y su origen. Al mismo tiempo, esos estudios ayudarían a plantear las nuevas estrategias de manejo de la enfermedad, basado en el conocimiento de los hospederos alternates y las características de estas poblaciones en estos hospederos.

Estudios previos realizados por la Dra. Ristaino pudieron determinar las migraciones históricas en el mundo del tizón tardío de la papa y el origen de la enfermedad. Se pensaba que el origen de *P. infestans* se encontraba en el valle de Toluca México. Sin embargo, los estudios realizados en herbarios de papa con síntomas de tizón tardío, determinaron que el origen real es la zona andina de Bolivia y Perú, donde se encontró una mayor variabilidad genética según estudios de ADN mitocondrial de estas muestras. Esto fue discutido ampliamente en el simposium de tizón tardío realizado en el Congreso Latinoamericano de Fitopatología y publicado en el libro de resúmenes del congreso. Igualmente, en el seminario taller realizado en Remehue, se expuso sobre la importancia de la caracterización de poblaciones y conocer sus orígenes.

Resultados e impactos esperados inicialmente en la propuesta

Los resultados esperados de esta propuesta son:

1. Capacitación y desarrollo de protocolos en técnicas modernas de caracterización estudios epidemiológicos y dispersión de *P. infestans* realizados a profesionales de INIA, SAG y UCT. Esto permite establecer estas técnicas en las instituciones involucradas y sus beneficios ser traspasados en la práctica al sector productivo y estudiantes.
2. Un Seminario: Realización de un seminario taller sobre *P. infestans*, causante del tizón tardío de la papa, su historia en el mundo y en Chile, enfocada a científicos, agricultores y estudiantes en Osorno. Esta actividad permite dar a conocer la situación mundial del patógeno basada en los estudios realizados por la Dra. Ristaino y la situación en Chile de acuerdo a los resultados obtenidos en

nuestros estudios previos.

3. Una Conferencia en Simposium sobre El tizón tardío de la papa, en el Congreso Latinoamericano de Fitopatología (<http://www.puc.cl/agronomia/congresoalf/index.htm>) realizada para científicos fitopatólogos latinoamericanos en Santiago: "Evolución molecular y migración histórica desde Sudamérica hacia Estados Unidos y Europa de *P. infestans*". El tizón tardío es un problema mundial y es muy importante en Latinoamérica. Los estudios de la Dra. Ristaino muestran las migraciones históricas de *P. infestans* de acuerdo a los estudios realizados en muestras de herbarios en muchas partes del mundo, cambiando con esto la especulación histórica respecto a los orígenes de este patógeno. Además, en este simposium la Dra. Acuña muestra los principales resultados obtenidos en los estudios efectuados en Chile, principalmente como resultados del proyecto FIA ejecutado. Junto al libro de resúmenes del Congreso se publica los inextensos de las conferencias expuestas. Igualmente, los resúmenes de este congreso saldrán publicados en la Revista FITOPATOLOGIA (ISI) de la Asociación Latinoamericana de Fitopatología.

4. Actividades de trabajos y proyectos en conjunto determinados. Dado los conocimientos de la Dra. Ristaino y la prioridad de investigación en enfermedades de papa en la zona sur de Chile, se discutirá propuestas concretas para realizar trabajos en conjunto, utilizando técnicas modernas.

5. Se escribirá una publicación técnica que refleje la situación y la importancia de *P. infestans* en el mundo y en Chile. Esta publicación estará dirigida a agricultores, técnicos y profesionales relacionados al rubro papa y estudiantes de agronomía. Conociendo al patógeno y sus posibles cambios poblacionales se enfrentarán las diferentes alternativas de manejo de la enfermedad.

Resultados obtenidos

Descripción detallada de los conocimientos y/o tecnologías adquiridos. Explicar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos, de acuerdo a los resultados obtenidos. Anexar el informe final del consultor.

1. **Capacitación en técnicas modernas de análisis:** Durante la estadía de la Dra. Ristaino se trabajó en laboratorio revisando los resultados previos obtenidos respecto a la caracterización de *P. infestans* utilizando estudios de ADNs mitocondrial. Es de interés destacar que nuestros resultados muestran cambios en la caracterización de haplotipos, siendo la colección desde el 2003 al 2005 perteneciente al grupo Ib, sin embargo la nueva colección (2006-2008) pertenece al grupo Ia. Esto hace pensar en migraciones o introducciones de nuevos genotipos a la zona o al país. Adicionalmente, la Dra. Ristaino trajo evidencia de la presencia de muestras de herbarios de hojas de papa con síntomas de tizón tardío del 1889. Estas muestras estaban en el museo de Londres y fueron enviadas por F. Philippi, curador en esos años del museo de Historia Natural en Chile (Foto 1). Por lo que esta podría ser la primera evidencia de tizón tardío en nuestro país. Vale destacar que el primer reporte oficial de tizón tardío fue en 1950. La Dra. Ristaino realizó un estudio de ADN mitocondrial en esta muestra, determinando que pertenece al grupo haploide Ia. Esto hace pensar que *P. infestans* podría haber estado presente desde hace muchos años en Chile, sin expresarse, y podría haber estado asociada a otros hospederos. Al analizar el primer reporte de tizón tardío en Chile, cabe la duda de si en ese momento ocurrió una introducción del hongo al país o es el mismo que ya estaba presente. De modo que se discutió la posibilidad del análisis de muestras de herbario de hojas de papa con síntomas de la década del 50., y otras muestras del 1800 que pudieran haber en Chile, en la colección del Museo Nacional de Historia Natural, esto ayudaría a determinar las migraciones de *P. infestans* en Chile. Adicionalmente, dado la variación poblacional del hongo en los últimos

años, se analizó la posibilidad de la existencia de poblaciones de *P. infestans* asociadas a otros hospedros solanaceos en Chile, especialmente en centros de origen. De modo que se realizó una visita a la Isla de Chiloé para prospectar material nativo de papa y realizar una colección y caracterización de *P. infestans*, mediante estudios de ADN mitocondrial. Se visitaron parcelas experimentales de variedades nativas en el sector de Chonchi, se evaluó la susceptibilidad y presencia de tizón tardío. Adicionalmente, se visitaron mercados y lugares de producción de papa nativa en la isla (Foto 2).

Durante las actividades de capacitación participaron personal de INIA, SAG y UCT. En INIA Remehue se realizaron actividades de terreno, laboratorio, invernadero y sala. Se revisaron protocolos de caracterización, se efectuó análisis de muestras y colección de *P. infestans* (Foto 3).

En el Laboratorio del SAG se revisaron protocolos de aislamiento y purificación de *P. infestans*, visita a terreno del material nativo y cultivos para la nueva colección y caracterización. Igualmente, se discutió sobre el uso y análisis de la colección nacional de *P. infestans* que el SAG está realizando a través de su programa de vigilancia. Se sugirió la visita a los laboratorios centrales de SAG Lo Aguirre para evaluar y analizar la colección nacional (Foto 4.)

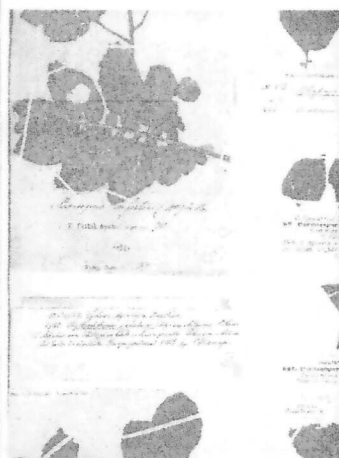


Foto 1. Muestra de hoja herbario de papa 1889.



Foto 2. Actividades de prospección de *P. infestans* en Chiloé.



Foto 3. Actividades de terreno realizadas en INIA Remehue.



Foto 4. En el laboratorio Regional del SAG se realizaron actividades de laboratorio y campo.

2. **Seminario Taller:** El día 9 de Enero de 2009 se realizó el seminario taller "Innovaciones tecnológicas y sanidad en el cultivo de la papa". En esta actividad la Dra. Ristaino presentó la charla: "Situación actual de la *Phytophthora infestans* en el mundo y sus migraciones históricas". A esta actividad asistieron 97 personas (14 mujeres y 83 hombres), entre los cuales habían profesionales, técnicos, autoridades, estudiantes y agricultores. El programa y asistentes se presenta en los anexos. La temática estuvo enfocada a la importancia de conocer las características del patógeno para tomar buenas decisiones de manejo. Es así como comentó resultados en los cuales se demuestra que el uso de fungicidas de activo metalaxil usados en poblaciones resistentes a éste, pueden inducir la presencia de nuevos grupos de apareamiento del hongo, facilitando así la reproducción sexual y el aumento en la variabilidad genética de las poblaciones.

3. **Symposium de Tizón tardío en Congreso ALF:** Desde el 12 al 17 de Enero de 2009 se realizó XVIII Congreso latinoamericano de Fitopatología en Santiago. En este congreso se realizó el Symposium : "Tizón tardío de la papa". En este symposium participaron la Dra. Jean Ristaino, Dra. Ivette Acuña y El Dr. Gary Secor. El programa, los resúmenes y las presentaciones se presentan en el Anexo. La temática expuesta por la Dra. Ristaino se enfocó a la biología de las poblaciones de *P. infestans* actuales e históricas, enfatizando su metodología de trabajo y los resultados de sus estudios. Esto fue un gran aporte al conocimiento de las migraciones de *P. infestans* y sus orígenes (Foto 5).



Foto 5. Symposium de Tizón tardío en el XVIII Congreso Latinoamericano de ALF

4. **Actividades de trabajo y propuestas de trabajo:** Durante la estadía de la Dr.a Ristaino se planificó y conversó propuestas concretas de trabajo colaborativo entre diferentes investigadores. Entre estas propuestas se plantea:

- a) El proyecto: "A Cyber and Scientific Network for Tracking an Emerging Infectious Plant Pathogen, *Phytophthora infestans* from its Andean Origins throughout the Americas. Se propone realizar una red de científicos americanos trabajando en el tema de tizón tardío, con una base de datos común e intercambio de resultados y protocolos como parte del proyecto GlobalBlight en curso y liderado por CIP y países europeos. Participarían en la propuesta: Dra. Jean Beagle Ristaino, Dept Plant Pathology, NC State University, Raleigh, NC 27695; Dr. David Cooke, Plant Pathology Programme, Scottish Crop Research Institute Invergowrie, Dundee, UK DD2 5DA; Dr. Luis Gomez-Alpizar, Dr. Arturo Brenes-Angulo y Dr. Roberto Valverde, Laboratorio Biotecnología de Plantas, Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, 2060 San Pedro, Montes de Oca; Dr. Ivette Acuna y Dr. Boris Sagredo, Fitopatóloga and Biólogo Molecular, INIA-Remuhue, Casilla 24-O, Osorno, Región de Lagos, Chile; Dr. Eduardo Mizubti, Dep. de Fitopatologia/BIOAGRO, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil 36570-000; Dr. Gregory Forbes y Wilbert Perez, International Potato Center, Lima Perú; y Dr. Ken Deahl, USDA ARS Beltsville, MD.
- b) Actividades: Realizar una propuesta sobre caracterización de poblaciones de *P. infestans* en papa y hospederos solanáceas alternantes, con cobertura nacional, con el objetivo de determinar las migraciones y potencialidades de cambios en las poblaciones. Al conocer estas características y potencialidades se pueden plantear nuevas medidas de

manejo integrado de la enfermedad tizón tardío.

5. **Publicación divulgativa:** La publicación está en edición. Los in extensos de la Conferencia de Tizón tardío se publicarán en la Revista Fitopatología de la Asociación Latinoamericana de Fitopatología.
6. **Comentarios de la consultora se presentan en el anexo.**

Resultados adicionales

Describir los resultados obtenidos que no estaban contemplados inicialmente.

Dada la importancia epidemiológica e histórica del origen del tizón tardío en Chile, se realizó contactos con el Museo Nacional de Historia Natural en Santiago, para ver la posibilidad de revisar la colección del Sr. Philippii del 1800's y muestras de hojas de papa de la colección de M. Caglevic de la década del 50. Dado esto nos pusimos en contacto con la Sra. Melica Muñoz y Elizabeth Barrera, encargadas de estas colecciones, (ver anexo) (Foto 6). Se visitó el Museo el día 14 de Enero de 2009. Se revisó la colección y se encontró una muestra en el herabrio del M. Caglevic con una hoja de papa con tizón tardío de 1959 (Foto 7). Esta muestra fue llevada por la Dra. Ristaino a su laboratorio para realizar estudios de ADN mitocondrial y determinar si las características de esta muestra coinciden con las poblaciones antiguas o las nuevas detectadas de *P. infestans*. Esto podría dar una explicación al origen y a la epifitía de tizón tardío en Chile en la década del 50. Además de buscar posibles relaciones entre estas poblaciones o dar bases para nuevos estudios sobre las migraciones de este patógeno en Chile y el mundo.



Foto 6. Visita al Museo de Historia Natural. En la foto de izquierda a derecha: Ivette Acuña, Melica Muñoz, Jean Ristaino y Elizabeth Barrera.

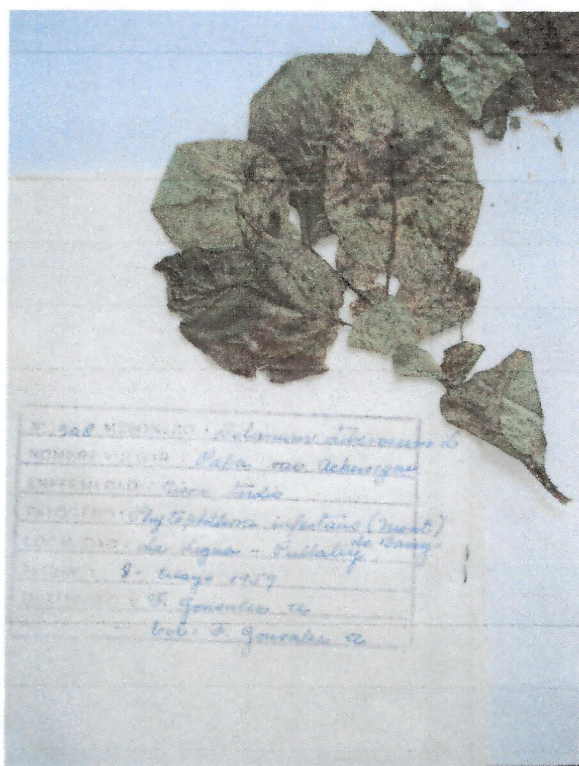


Foto 7. Muestra de hoja de papa con tizón tardío. Herbario de M. Caglevic en de Museo de Historia Natural, santiago, Chile

Aplicabilidad

Explicar la situación actual del sector y/o temática en Chile (región), compararla con las tendencias y perspectivas presentadas en las actividades de la propuesta y explicar la posible incorporación de los conocimientos y/o tecnologías, en el corto, mediano o largo plazo, los procesos de adaptación necesarios, las zonas potenciales y los apoyos tanto técnicos como financieros necesarios para hacer posible su incorporación en nuestro país (región).

El tizón tardío de la papa es la enfermedad más importante de la papa en la zona sur y en Chile. En temporadas de condiciones ambientales favorables causa pérdidas cuantiosas en la producción. Es así como en la temporada 2006-07 se produjo una epifitía de esta enfermedad afectando a casi el 100% de los papales con pérdidas de más del 50% de la producción. INIA y el SAG han realizado colecciones de *P. infestans* en la zona sur desde el año 2003, como parte de los estudios propuestos en un proyecto FIA. Se determinó en este período cambios en las características de las poblaciones del hongo, mostrándose desde la temporada 2006-07 más agresivas, resistentes a metalaxil y mayor variabilidad en patotipos. Esto significó cambios radicales en la forma de manejo de la enfermedad, introduciendo fuertemente el uso de pesticidas con mayor frecuencia para su control. Estudios recientes realizados por INIA con ADN mitocondrial muestran diferencias también en los haplotipos mitocondriales entre las poblaciones previas al 2006 y las posteriores. Esto podría indicar la presencia de una nueva población que podría ser introducida o reemergente.

Para dilucidar esta duda y tener bases para el desarrollo de programas de manejo integrado es necesario conocer la epidemiología de la enfermedad. Esa sí como la visita de la Dra. Ristaino y las herramientas enseñadas son la base para el desarrollo de nuevos estudios que apoyen el conocimiento de las fuentes de la enfermedad, hospederos alternantes y su potencialidad de asociarse al cultivo de papa y otras solanáceas. Es así como es determinante conocer la situación país de esta enfermedad. El SAG, a través de programa de vigilancia está realizando una colección de *P. infestans* en cultivos de papa a nivel nacional para identificar los grupos de apareamiento de este patógeno presentes en el país. Sin embargo,

la variabilidad genética también puede estar dada por otras causas, ya sea mutaciones o introducciones. Igualmente, estos cambios pueden deberse a la reemergencia de poblaciones asociadas a otros hospederos. Es necesario caracterizar esta colección mediante ADN mitocondrial, resistencia a metalaxil, variabilidad genética y virulencia, además de realizar proyecciones en otros cultivos o malezas.

Detección de nuevas oportunidades y aspectos que quedan por abordar

Señalar aquellas iniciativas que surgen como vías para realizar un aporte futuro para el rubro y/o temática en el marco de los objetivos iniciales de la propuesta, como por ejemplo la posibilidad de realizar nuevas actividades para ampliar el desarrollo del rubro y/o temática.

Con esta consultoría se abre la oportunidad de participar activamente con los grupos líderes en investigación en tizón tardío mediante el proyecto planteado para la formación de una red de investigadores y base de datos de resultados relevantes. Sin embargo, para ser partícipes de esta red es necesario contar con los protocolos establecidos internacionalmente y contar con la capacidad de infraestructura, equipamiento y personal adecuado a las exigencias. Aún falta personal preparado para trabajar en el área de la fitopatología moderna con énfasis en investigación aplicada.

4. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA

Programa Actividades Realizadas

Nº	Fecha	Actividad
1	4 Enero	Llegada a Santiago-Osorno
	5 Enero	INIA Remehue: Presentación de programa de trabajo, recorrido de laboratorio y dependencias. Reunión de trabajo.
	6 Enero	INIA Remehue: Charla técnica, actividad de laboratorio e invernadero
	7 Enero	INIA Remehue: Charla técnica, actividad de laboratorio, trabajo de terreno
	8 Enero	Laboratorio Regional del SAG: Charla técnica, trabajo de laboratorio y terreno
	9 Enero	INIA Remehue: Taller: Innovaciones tecnológicas y sanidad en el cultivo de la papa. Conferencia sobre <i>P. infestans</i> .
	9 al 10 Enero	INIA Remehue: Viaje a Chiloé: Conocimiento zona agroclimática, visita de parcelas experimentales de variedades nativas y colección de <i>P. infestans</i> asociadas. Discusión de trabajo.
	11 enero	INIA Remehue: Reunión de trabajo Viaje a Santiago.
	12-16 Enero	Santiago UC: Participación en congreso de la ALF
	13 Enero	Santiago UC: Conferencia en el Simposium de Tizón tardío de la papa
	14 Enero	Laboratorio SAG Lo Aguirre: Visita y discusión de trabajo con <i>P. infestans</i> .
	14 Enero	Visita Museo Nacional de Historia Natural, encuentro con Melica Muñoz y revisión de herbario de F. Philippii.
	17 Enero	Arribo USA Dra. Ristaino

Detallar las actividades realizadas, señalar las diferencias con la propuesta original.

Las actividades realizadas en gran parte estaban planteadas desde su inicio con algunas variaciones en el día de trabajo, con algunas excepciones.

a) Viaje a Chiloé: Es así como , para profundizar el trabajo de colección en

material nativo y hospedros alternantes, se realizó el viaje a Chiloé. Se visitó sectores productores de papa en busca de muestras de tizón tardío para la colección. Adicionalmente, se visitó, proyectó y evaluó una parcela experimental con variedades nativas de papa y diferenciales, con el objetivo de determinar en el análisis de laboratorio la variabilidad genética. Estos estudios se están llevando a cabo en el laboratorio de INIA Remehue. Igualmente, se visitó la feria campesina de Castro para determinar y evaluar la variabilidad genética del hospedro y del patógeno en muestras de papa a la venta. Se discutió las alternativas y la importancia de realizar estudios de poblaciones del patógeno en papas nativas y solanáceas cultivadas y silvestres, para determinar el origen de la variabilidad detectada en *P. infestans*.

- b) Visita Laboratorio SAG Lo Aguirre: Se visitó el laboratorio del SAG en Santiago para conocer la metodología y la nueva colección de *P. infestans* a nivel nacional que están realizando. Se analizó y discutió la importancia de utilizar estas muestras para realizar una caracterización genética de esta colección y determinar los cambios por zonas agroclimáticas del hongo, si las hubiese.
- c) Visita al Museo de Historia Natural: Esta actividad no estaba planificada, sin embargo, dado lo interesante de utilizar muestras de herbarios nacionales para la detección de las migraciones históricas del tizón tardío en Chile mediante las técnicas de ADN mitocondrial enseñadas, resultó de suma importancia realizarla. Es así como se encontró una muestra de 1959 con una hoja de tizón tardío. Esta muestra corresponde a la década en la que se describen los primeros ataques de tizón en papa en Chile. Conocer las características de este hongo en esa época, puede indicar su origen y compararlo con las poblaciones modernas. Es fascinante poder determinar la historia utilizando herbarios mediante la utilización de técnicas modernas.

5. PARTICIPANTES DE LA PROPUESTA

CONSULTORES: Ficha de(I) Consultor(es)

Nombre	Jean
Apellido Paterno	Beagle Ristaino
Apellido Materno	
RUT Personal o N° de Pasaporte	219995288
Nacionalidad	Estadounidense
E-mail	jean_ristaino@ncsu.edu
Nombre de la organización, empresa o institución donde trabaja	North Caroline State University, USA.
Cargo o actividad que desarrolla en la organización, empresa o institución	Académico e investigadora en Fitopatología

6. CONCLUSIONES FINALES DE LA PROPUESTA

Las principales conclusiones de esta propuesta son:

1. Los objetivos y actividades planteados inicialmente se cumplieron en un 100%, realizando actividades relacionadas adicionales que sirvieron de complemento para obtener mejores resultados de relevancia.
2. Las técnicas de caracterización de patógenos mediante ADN mitocondrial son técnicas modernas que apoyan los estudios de migraciones, epidemiología y ecología de enfermedades. Es así, como con el uso de estas técnicas se ha logrado determinar la migración histórica del tizón tardío y su evolución.
3. Esta técnica en Chile se puede utilizar para determinar la relación histórica de las poblaciones de *P. infestans*, su migración y dispersión.
4. El estudio de las poblaciones de *P. infestans* asociadas al cultivo de papa y su relación con las poblaciones en otras solanáceas cultivadas y silvestres a nivel país es clave para determinar la potencialidad de la variabilidad genética de *P. infestans*. Esto ayudaría a determinar las medidas de manejo integrado de acuerdo a la variabilidad de las poblaciones. Especialmente importante es el uso de cultivares resistentes y la persistencia de esta resistencia según la interacción patógeno hospedero. A mayor variabilidad de patógeno, más fácilmente se quiebra la resistencia del hospedero.
5. La formación y la participación de una red de investigadores americana es fundamental para la homeginización de las técnicas de estudio, la utilización de bases de datos de otros países y la conexión para la realización de nuevas propuestas a nivel internacional. Uno de los resultados de esta propuesta es la presentación de la propuesta "A Cyber and Scientific Network for Tracking an Emerging Infectious Plant Pathogen, *Phytophthora infestans* from its Andean Origins throughout the Americas", donde los investigadores de INIA participarían activamente.
6. Se plantearon diversas ideas de nuevas propuestas de proyectos y estudios utilizando las técnicas enseñadas, que apoyarían el desarrollo de estrategias de manejo integrado no solo del tizón tardío de la papa, pero de otras patologías que afectan a los cultivos agrícolas.

Anexos



Remehue

Regiones de Los Ríos y Los Lagos

INIA REMEHUE QUIENES SOMOS INVESTIGACION PRODUCTOS Y SERVICIOS CONTACTO

Última Actualización Jueves 26 de Marzo del 2009.

Búsqueda Rápida

Ingrese aquí texto...

IR

☒ Sólo en Remehue

Últimas Noticias

- "ESTO REPRESENTA UN ENORME RECONOCIMIENTO Y NOS AYUDARÁ A SEGUIR AVANZANDO"
- "INIA REMEHUE HA ALCANZADO IMPORTANCIA NACIONAL E INTERNACIONAL"
- DUEÑO DE PRIMERA PROCESADORA INDUSTRIAL DE PAPAS FRITAS DE USA VISITA CHILE PARA ASESORAR NUEVOS NEGOCIOS
- INFORMATIVO DIGITAL DE NOTICIAS INIA REMEHUE Nº 24
- INIA ENTREGA 2 NUEVAS VARIETADES DE PAPA CHILENAS AL MERCADO MUNDIAL
- "NO SE PUEDEN CONCEBIR PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN ALEJADOS DE LA DEMANDA"
- INIA REMEHUE ENTREGA RECOMENDACIONES A PRODUCTORES AFECTADOS POR DÉFICIT HÍDRICO
- INIA REMEHUE RECOMIENDA MEDIDAS URGENTES PARA ENFRENTAR SEQUÍA
- INIA REMEHUE PARTICIPÓ EN EXPOSITIVA EXPOAMUNDORURAL LOS LAGOS 2009
- NUEVO INFORMATIVO DIGITAL DE NOTICIAS
- GOBIERNO REGIONAL DE LOS LAGOS APRUEBA AUMENTO DE PRESUPUESTO PARA CENTRO DE CALIDAD AGROALIMENTARIA EN OSORNO
- INIA EVALÚA PRODUCCIÓN INTENSIVA DE CORDEROS Y SISTEMA MIXTO DE OVINO Y BOVINOS EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS

Portal INIA » Remehue » Noticias »

7 de Enero de 2009

DESTACADA CIENTÍFICA ESTADOUNIDENSE ASESORA A INVESTIGADORES DEL CENTRO NACIONAL DE LA PAPA EN OSORNO

La doctora Jean Ristaino se encuentra apoyando el diseño de estrategias de control del tizon tardío de la papa y participará este viernes en un taller internacional gratuito de innovaciones tecnológicas y sanidad en INIA Remehue.



Las teorías de la doctora Jean Ristaino, investigadora y académica de la Universidad Estatal de Carolina del Norte, Estados Unidos, sobre las migraciones históricas del hongo *Phytophthora infestans*, causante del tizon tardío de la papa, una de las enfermedades más graves que afecta a este cultivo, le han llevado al tapete de la discusión científica mundial y por lo mismo ha sido entrevistada por cadenas de televisión tan importantes como CNN y diarios como The Washington Post y The New York Times.

Hoy, esta destacada científica se encuentra en Osorno, específicamente en INIA Remehue, Centro Nacional de la Papa, como parte de la consultoría denominada: "Estudios de los cambios poblacionales de *Phytophthora infestans* para diseñar estrategias de control en Chile", financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), para apoyar las investigaciones desarrolladas por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en Chile.

Durante años Ristaino ha estudiado la diversidad genética de aislamientos de *Phytophthora infestans* en plantaciones de papa en varios países del mundo y ha publicado numerosos artículos en prestigiosas revistas científicas en los que da cuenta de sus descubrimientos, entre los que destacan dos, según explicó la investigadora de INIA Remehue, Ivette Acuña.

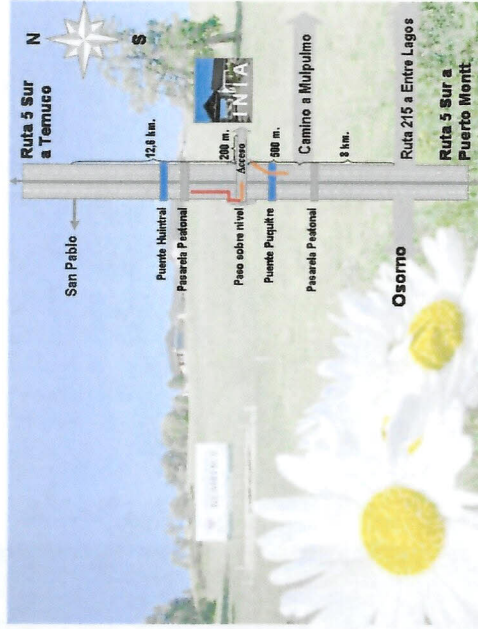
La fitopatóloga chilena dijo que "de acuerdo a lo que hemos leído y conversado con la doctora Ristaino, sus teorías cambiarían el origen mundial de esta enfermedad, que hasta ahora se ubicaba en México, por otro centro que sería Perú, donde hay más diversidad genética del hongo; sin embargo, lo más impactante para nosotros es que sus investigaciones dan nuevos indicios sobre la fecha de ingreso de *Phytophthora infestans* a Chile, ya que históricamente se ha hablado, y así lo describen numerosos artículos científicos, que el primer reporte de este hongo en el territorio nacional data de 1950, no obstante, la doctora Ristaino nos ha mostrado una colecta de Philippi de 1889 que encontró en un Museo de Londres en la que se exhibe una hoja de papa, con claros síntomas de haber sido atacada por este hongo".

La investigadora de INIA, Ivette Acuña, explicó que la científica estadounidense "logró aislar el ADN de la muestra e identificar el hongo, mediante técnicas moleculares, lo que llevó a la conclusión de que el ingreso del agente causal del tizon tardío de la papa, se habría producido por lo menos 60 años antes de lo que se señala actualmente en la literatura".

Por último invitó a los interesados en conocer más antecedentes de estas y otras de las teorías e investigaciones de la doctora Ristaino a concurrir este viernes 9 de enero, al nuevo auditorio de INIA Remehue, ubicado 8 kilómetros al norte de Osorno, donde la investigadora extranjera expondrá la situación actual de la *Phytophthora infestans* en el mundo y sus migraciones históricas, en el marco de un taller internacional de innovaciones tecnológicas y sanidad en el cultivo de papa totalmente gratuito.

[Volver](#)

UBICACION



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

INIA Remehue

Ruta 5 Norte Km. 8 Osorno

Teléfono: 64-450420

Fax: 64-237746

OSORNO – CHILE

Nota: Favor confirmar participación:

Fono 64- 450420, anexo 719 eoieda@inia.cl

TALLER: INNOVACIONES TECNOLÓGICAS Y SANIDAD EN EL CULTIVO DE PAPA



Día : 9 de Enero de 2009
Hora : 9:00 horas
Lugar : INIA Remehue, Osorno
Valor : Gratuito

INVITACION

JULIO KALAZICH BARASSI, Director Regional de INIA Remehue, saluda muy atentamente a usted y tiene el agrado de invitarle a participar en el los Talleres de difusión de las propuestas:

1. Consultoría: "Estudios de los cambios poblacionales de *Phytophthora infestans* para diseñar estrategias de control en Chile", financiado por la Fundación para la Innovación Agraria FIA código FIA COOC-2008-0245.
2. Misión tecnológica a Argentina: "Manejo Integrado del cultivo de papa, innovaciones tecnológicas y valor agregado en Latinoamérica", código 208-7618, financiado por INNOVA CORFO.

Esta actividad se realizará el día Viernes 9 de Enero del 2009 en INIA Remehue, Osorno, a las 9:00 hrs.

El Objetivo de este taller es el de difundir y compartir los conocimientos generados en ambas actividades, con el sector papero de la zona sur.

Agradecemos a usted hacer extensiva esta invitación a sus amigos y vecinos interesados en el tema.

PROGRAMA

09:00	Inscripciones
09:15	Bienvenida Director Centro Regional de Investigación INIA-Remehue-Osorno Julio Kalazich Barassi, Ing. Agr. Ph. D.
09:30-10:30	Situación actual de la <i>Phytophthora infestans</i> en el mundo y sus migraciones históricas. Dra. Jean Ristaino, North Carolina State University, USA.
10:30-10:50	Misión tecnológica a Argentina: -Actualidad de la producción latinoamericana de la papa y sus desafíos. Sr. Marcelo Leichtle. Agricultor GTT Los Muermos. - Tecnologías de producción de papa en Argentina y su aplicabilidad en Chile. Sr. Andrés Surber. Agricultor GTT empresarial de papa.
10:50-11:10	Café
11:10-12:10	Tecnologías de aplicación de pesticidas en papa. Dr. Andrew Landers, Cornell University, USA.
12:10-12:50	Visita parcelas experimentales manejo de Tizón tardío y temprano en papa. Dra. Ivette Acuña, INIA Remehue
12:50-13:50	Demostración de tecnologías de aplicación de pesticidas. Dr. Andrew Landers, Cornell University, USA. Mauricio Sánchez, ANASAC
13:50	Refrigerio.

TALLER: "Innovaciones Tecnológicas y Sanidad en el Cultivo de Papa"

Auditorium INIA Remehue

09 de Enero de 2009

Nº	Nombre Completo	RUT Personal	Dirección, Comuna y Región	Fono y Fax	E-mail	organización, empresa o pesquera	organización, empresa o que desarrolla	Cargo o actividad que desarrolla	sector a la cual se vincula o en la
1	Andrés Kukuljan	10.071.841-3	Ruta V 815 Km. 5.2 Panitosa Alto, Puerto Montt	65-267000	akukuljan@pps.cl	Pacific Star S.A.	96.831.480-7	Encargado I&D	Invest. y Desarrollo
2	Alberto Hofer Meyer	6.489.558-3	Bilbao 931 Temuco	77589037	ahofer@minagri.gob.cl	Seremi Agricultura		Profesional apoyo	Servicio Público
3	Alejandra Torres Schröder	12.758.219-K	Pangul 2037 Altas Puerto Varas	88497014	profesal@ptovaras.cl	Prodesal	69.220.200-7	Jefe Técnico	Agropecuaria, pequeña agricultura
4	Alfredo Nannig R.	10.266.980-0	Frutillar	98244619	anannig@ferosor.cl	FEROSOR	96.789.520-2	Vendedor	Maquinaria
5	Alicia Muñoz Reyes	12.164.291-3	Ramírez 735 La Unión	96428534	amunozr@indap.cl	Instituto de Desarrollo Agropecuario Pesquera Pacific Star S.A.	61.307.000-1	Ejecutivo Integral Área La Unión	Agrícola, cultivos.
6	Andrés Kukuljan Padilla	10.071.841-3	Ruta V - 815 KM 5.2 Panitosa Alto Puerto Montt	65-267000	akukuljan@pps.cl		96.831.480-7	Encargado Investigación & Desarrollo	Investigación & Desarrollo
7	Andrés Aurelio Carrasco Vargas	9.145.853-5	Errázuriz 1655 Osorno	96893766				Agricultor	Cultivo
8	Annelore Winkler Ruminot	9.753.290-7	A. Prat 1388, Osorno	92591060	cwinkler@inia.cl	INIA Remehue	61.312.000-9	Ayudante de Investigación	Biología
9	Annette Fahrreikrog Hashager	15.378.819-7	INIA REMEHUE	450420	afahrreikrog@inia.cl	INIA Remehue	61.312.000-9	Ayudante de Investigación	Investigación Agraria
10	Ariel González Toledo	7.792.278-4	Pedro Montt 762.				77.922.782-4		
11	Bernardo Soto Meza	9.075.964-7	Avda. España 565 Puerto Montt	83227961	assoto_333@hotmail.com	Prodesal Los Muermos	69.220.800 - 5	Técnico Agrícola	Agropecuaria
12	Cándido Pérez Azócar	9.016.443-0	Casilla 55 Río Bueno	no tiene	cperezazocar@hotmail.com	Independiente		Enfermero Ganado	Producción carne y leche
13	Carlos Gómez Hofmann	10.206.965-K	Casilla 192, Purránque	94519056	agricolagomez@hotmail.com	Agrícola la Paz Solana	5.365.601-3	Jefe Operaciones	Precisión
14	Carolina Foch Palva	12.838.954-7	Ruta 5 Sur, Km. 8 Osorno	64-450420	cfloch@inia.cl	INIA Remehue	61.312.000-9	Investigación	Biología
15	Christian Neumann Leighton	13.114.633-7	Pasaje La Pradera 02230 Temuco	98252855	cneumann@asp-la.com	ASP Chile S.A.	96.695.750-6	Ing. Agrónomo	Agrícola
16	Claudia Andrea Aguila Uribe	10.920.118-9	Avda. Diego Portales 774 Puerto Montt	436168	caguila@indap.cl	INDAP	61.307.000-1	Encargada Reg. SIAC	Silvoagropecuaria.
17	Claudio Figueroa Flores	5.906.617-4	J. Mackenna 1604 Osorno	68435264	cfigueroa@agricola-andina.cl	Agrícola Andina	78.814.340-0	Ingeniero Agrónomo	Producción Papa
18	Claudio Lavado Castro	9.753.794-1	Pallanco	421334	clavado@indap.cl	INDAP	61.307.000-1	Ejecutivo Integral	Leche-Carne-Hortalizas
19	Claudio Leichte Schaeffer	8.074.337-8	Los Muermos	85957464		GTT		Agricultor	
20	Claudio Ordóñez Langemann	12.432.129-8	Wekmeister 1050, Valdivia	98871435	cordonez@indap.cl	INDAP	61.307.000-1	Ejecutivo	Agrícola
21	Cristian Martínez Carrillo	13.629.696-5	Blanco Encalada 927 Río Bueno	96496230	cheio@schile.cl	Independiente		Técnico Agrícola	Agrícola
22	Cristian Mayorga Moncada	12.465.611-7	Pasaje Puerto Cisre 1110 Puerto Montt	92128759	profesal@ptovaras.cl	Prodesal	69.220.200-7	Méd. Veterinario	Agropecuaria
23	Cristian Méndez								
24	Cristian Muñoz Ávalos	13.756.251-0	Isla del Rey 2571, Villa Aborada-Valdivia	63-229649 / 87705024	cristianmunoz_avalos@gmail.com	Servicio Agrícola y Ganadero	61.308.000-7	Ingeniero Agrícola Plan Nacional de La	Agropecuaria
25	Cristina Galaz Díaz	14.081.037-1	INIA REMEHUE	64-450420	cristinagalaz@hotmail.com	INIA Remehue	61.312.000-9	Práctica Lab. Biología	Biología
26	Daniela Andrea Celis Coifré	15.780.808-1	Argomedo 737 Osorno	97695299	darcy.celis@gmail.com			Estudiante	Biología
27	Daris Vázquez Uribe	15.285.599-0	Predio Los Pinos, San Carlos-Los Muermos	99113337	vasur77@hotmail.com	Independiente	15.285.599-0	Agricultor	Agrícola, producción de papa y leche

TALLER: "Innovaciones Tecnológicas y Sanidad en el Cultivo de Papa"

Auditórium INIA Remehue

09 de Enero de 2009

Nº	Nombre Completo	RUT Personal	Dirección, Comuna y Región	Fono y Fax	E-mail	organización, empresa o	organización, empresa o	Cargo o actividad que desarrolla	sector a la cual se vincula o en la
28	David Hernán Morales Salazar	8.353.602-0	Senda Sur La Vara Puerto Montt	93853365	dauidhermanmoraless@hotmail.com	Independiente	8.353.602-0	Agricultor	Agrícola
29	Emanuel Soto Oyarzún	12.352.919-7	San Pedro 375 Frutillar	78182761	esotooyarzun@gmail.com	Independiente		Ingeniero Agrónomo	Lechería
30	Enrique Siebald Schwerter		Casilla 24-0 Osorno	64-450420	esiebald_iniacl	INIA Remehue	61.312.000-9		
31	Eric Oyarzún Oyarzún	12.757.842-7	Parque Nacional Nahuelbuta 6112 Valle Volcanes- Puerto Montt	91282240	eric.oyarzun@gmail.com	INIA Remehue	69.220.300-3	Jefe Técnico	Asesoría a la pequeña agricultura
32	Ernesto Castro Burgos	13.734.972-8	Nueva Diez 5007 Puerto Montt	99186788	ecastro@ecsacosorno.cl	Ecsa	87.504.400-1	Asesoría y ventas	Papas, cultivos
33	Eugenia Velásquez Sarrhueva	11.708.770-0	Parinacota 2389 Osorno	64-424330	euguevela@yahoo.com	INIA Remehue	69.220.300-3	Técnico Asesor	Hortochacarer, SUSN Y Druachos
34	Fabián Aburto Ulloa	13.860.773-9	Manuel Rodríguez 1040 Osorno	98277060	faburto@cooprinsem.cl	Cooprinsem	83.392.600-6	Ing. Ejec. En Agronomía	Agrícola, praderas, papas, trigo, etc.
35	Félix Gómez Soffia	7.455.789-9	Ruta V - 815 KM 5.2 Panitboa Alto Puerto Montt	65-267000	fgomez@pops.cl	INIA Remehue	96.831.480-7	Gerente Técnico	Gerencia
36	Félix Gómez Soffia	7.455.789-9	Ruta V 815 Km. 5.2 Panitboa Alto, Puerto Montt	65-267000	fgomez@pops.cl	Pacific Star S.A.	96.831.480-7	Gerente Técnico	Gerencia
37	Héctor Herrera Echeverría	15.981.235-9	Lynch 370, Curacautín	93852329		UFRO		Estudiante	Biología
38	Hugo Brintup Birke	3.577.422-K	Fundo Calabozo Puerto Varas	065-330442				Propietario Fundo	Papa
39	Humberto Rosas Rosas	5.450.632-5	Río Negro	64-361492		GTT		Agricultor	Papa
40	Ivan Percy Soto Schulze	7.879.080-6	Cod. Miraflores Parc. N°38 Valdivia	421334	isoto@indap.cl	INDAP		Ejecutivo Integral	Ganadería-Cultivos Tradicionales
41	Jaime Marcello Garrido Ramos	10.905.941-2	Pablo Neruda 02526 Temuco	045-245175	jgarridoagro@gmail.com	ANASAC	91.253.000-0	Premarketing	Desarrollo y Marketing
42	Jaime Solano	9.262.243-6	Los Apostoles 02020 Temuco		jsolano@ucl.cl	UFRO	71.918.700-5	Profesor	Papa
43	Jory Albino Brintup Hltschfeld	8.628.231-3	Fundo Calabozo Puerto Varas	065-330442				Administrador	Papa
44	Jorge Gallardo Barria	13.120.256-K	Sector Crucero Río Bueno	064-341203	leontidas@leisur.cl	Sociedad Agrícola Dimar	76.023.481-8	Administrador	Cultivo de Papa
45	Jorge Gabriel Gallardo Barria	13.120.256-K	Sector Crucero Río Bueno	64-341203	leontidas@leisur.cl	Soc. Agríc. DIMAR	76.023.481-8	Administrador	Cultivo de Papas
46	Jorge Reyes Sobarzo	9.208.948-7	Av. Gramados 1215 Osorno	237802	jreyes@ferosor.cl	Ferosor	96.789.520-2	Ventas Insumos	Agrícola
47	José Luis Barria Winter	13.591.807-5	Población Lagunas del Sur, Calle Palena 439 Llanquihue	95452264	barriawinter@yahoo.es	INIA Remehue	69.220.300-3	Técnico Apoyo Terreno	Asesoría a La Pequeña Agricultura
48	José Manuel Paine Salgado	13.314.582-6	El Corral N°0300 Temuco	82285008	paine@anasac.cl	ANASAC	91.253.000-0	Crop Manager Cultivos	Cereales, Praderas, Berries, papas
49	Julio César Oberg Méndez	12.017.882-2	David Perry 0385 Temuco	045-747000	joberg@anasac.cl	ANASAC	91.253.000-0	Jefe Técnico Ing. Agrónomo	Cultivos
50	Julio Fernández G.	5.365.425-8	Fundo San Carlos	351423	juliofer@sumet.cl		5.365.425-6	Gerente-Propietario	Papas, trigo, frambuesas
51	Luis Ponce Barria	5.795.319-5	Río Negro	91058166		GTT		Agricultor	Papa
52	Macarena Del Pilar Barra Jimenez	15.250.165-K	INIA REMEHUE	9-4018842	mbarra@ufro.cl	INIA Remehue	61.312.000-9	Tesista Post Grado	Biología
53	María D. Aguilar Carrasco	7.703.044-1	Vicuña Mackenna 234 Pallao	421334	maquilar@indap.cl	INDAP	61.307.000-1	Ejecutivo Integral Ingeniero	Agrícola
54	Maritza Muñoz Contreras	10.691.180-0	Luis Araneda 0235, Puerto Montt	83804971	professalmuermos@gmail.com	Prodesal Los Muermos	69.220.800 - 5	Agrónomo, Jefe Técnico	Agropecuaria
55	Mauricio Becker López	14.514.776-K	David Perry 0385 Temuco	045-747000	mbecker@anasac.cl	ANASAC	91.253.000-0	Jefe Técnico	Cultivos
56	Mauricio Llancañil Uribe	12.430.670-1	Carampante 430 Valdivia	63-213909	mauricio.llancanil@gmail.com	Agrocheche Máfil		Consultor Terreno	Lechero-Cultivos

TALLER: "Innovaciones Tecnológicas y Sanidad en el Cultivo de Papa"

Auditorium INIA Remehue

09 de Enero de 2009

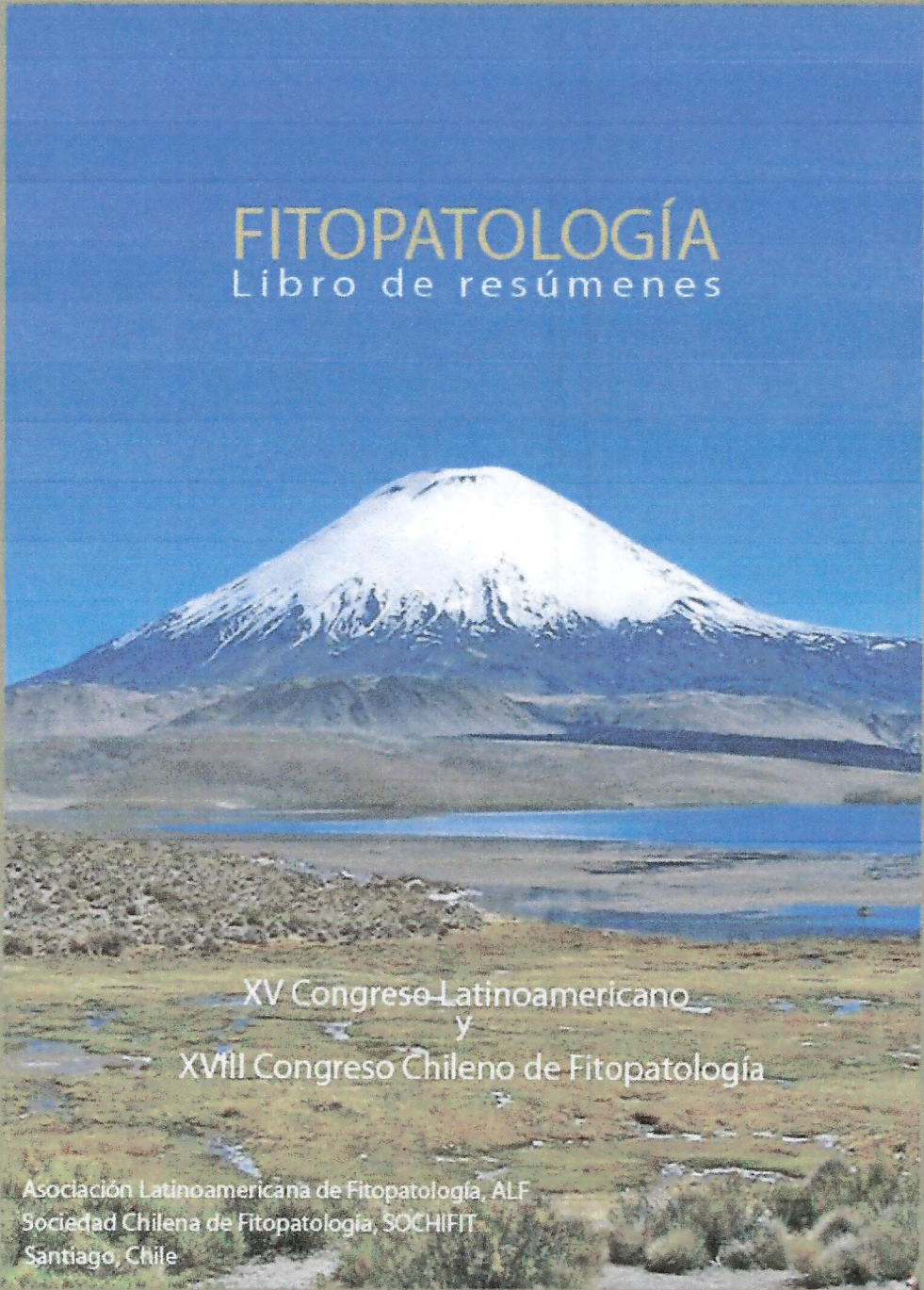
Nº	Nombre Completo	RUT Personal	Dirección, Comuna y Región	Fono y Fax	E-mail	organización, empresa o	organización, empresa o	Cargo o actividad que desarrolla	organización, empresa o	sector a la cual se vincula o en la
57	Mauricio Sánchez González	8.717.253-8	Almirante Pastene 300 RM Santiago	2-4869119	msanchez@anasac.cl	ANASAC	ANASAC	Desarrollo Funcionadas	91.253.000-0	Agroquímicos
58	Mauricio Schwencke Werner	8.729.306-8	Fundo Curituelco Rio Bueno	343139 6	agricolavientosur@hotmail.co	Agropecuaria Viento Sur	Agropecuaria Viento Sur	Proletario Fundo	77.577.970-5	Papas
59	Mónica Gutiérrez					Agropecuaria Viento Sur	Agropecuaria Viento Sur			
60	Nelly Sanhueza Ortega	8.200.233-2	La Unión	77571405	lsanhueza@indap.cl	INDAP	INDAP	Ejecutivo	61.307.000-1	Agrícola
61	Oscar Guardia González	5.774.852-4	Camilo Henríquez 510-Rio Bueno	341831 - 74302023	camporecoo@gmail.com	Cooperativa Campesina Rio Bueno Ltda	Cooperativa Campesina Rio Bueno Ltda	Tec. Adm. Empresas	81.679.100-6	Cooperativa Agrícola
62	Pablo Richardson Bohórquez	12.639.100-5	Av Gramado 1215, Puerto Varas	94795059	prichardson@tesoror.cl	Ferrosor Agrícola S.A.	Ferrosor Agrícola S.A.	Vendedor en terreno	96.789.520-2	Comercializadora de productos agrícolas
63	Pablo Alejandro Oyarzo Jimenez	14.096.021-7	Los Nisperos 1013, La Unión	97238285	oxarzojimenez@hotmail.com	Modulo III La Unión	Modulo III La Unión	Técnico Asesor		Papas-Hortalizas
64	Pablo Puschel Klein	14.085.974-5	A. Alessandri N°45, Frutillar	65-421271	puschel@semillas-sz.com	Semillas SZ S.A	Semillas SZ S.A	Jefe Producción	85.992.100-0	Papa
65	Pablo Wetzel Bagolini	10.732.431-3	F. Bilbao 787 Depto 211 Osorno	064-204797	pwetzel@anasac.cl	ANASAC	ANASAC	Jefe Técnico Encargada Laboratorio	90.278.000-0	Agroquímicos
66	Patricia Catalán Delgado	8.895.776-8	INIA La Pampa	64-351470	pacatala@gmail.com	INIA La Pampa	INIA La Pampa	Papa	61.312.000-9	Papa
67	Patricio Alejandro Wiener Awdler	8.576.937-5	Fundo Estero Grande Lienquhue	98486060	patricio.wiener@yahoo.es	Fundo Estero Grande	Fundo Estero Grande	Papa		Papa
68	Patricio Aviles M.	11.542.304-5	Casilla 301, La Unión	98871449	augurco@wilnet.cl	Agrícola Aviles	Agrícola Aviles	Gerente	78.475.820-6	Agrícola
69	Patricio Pickler Gantz	10.663.222-7	Casilla 1180 Osorno	64-234817	pickler@anasac.cl	ANASAC	ANASAC	Zonal X Región	91.253.000-0	Agrícola
70	Paula Heinsohn Figueroa	9.984.876-6	Veras 590 Piso 2 Puerto Montt	65-322203	phinsohn@corfo.cl	CORFO	CORFO	Ej. Innova Chile		Innova
71	Pedro Cea Cárdenas	8.873.309-6	Aribal Pinto 2185 Osorno	85514650	pcea45@hotmail.com	Langerbach, Cautin	Langerbach, Cautin	Ingeniero Agrónomo	12.539.062-5	Leche, Carne, papas, trigo, avena
72	Raúl López Bergen	5.015.414-9	Manuel Fernández 613 Osorno	421987		Independiente	Independiente	Ingeniero Ejecución Agrícola		Asesoría a la pequeña agricultura
73	Raúl Weller Santos	13.734.806-3	Fundo Quisquilefen	92196972	rweller@hotmail.com			Proletario Fundo		Leche, papas
74	Roberto Torres Osses	12.324.962-3	Parcela 15, Aguada de Chumilco Mulchén	79156824	rtorressos@gmail.com	Independiente	Independiente	Ingeniero Forestal		Silvoagropecuaria
75	Rodolfo Salvador Montero Mansilla	13.591.182-8	Parcela N°7 Chifin Rio Negro	87014518		GTT	GTT	Agricultor		Papa
76	Rodrigo Cea Abarzúa	10.658.620-9	Alessandri 45 Frutillar	65-421271	rccea@semillas-sz.com	Semillas SZ S.A	Semillas SZ S.A	Gerente	85.992.1000-0	Papa
77	Rudemil Rosas Higuera	5.912.831-0	Los Parrones - Rio Negro	98362184		Independiente	Independiente	Agricultor		Cultivo Papas
78	Ruth Arevalo Macías	9.869.031-K	O'Higgins 563-Nueva Imperial	98749253	ruth.arevalo@sag.gob.cl	Servicio Agrícola y Ganadero	Servicio Agrícola y Ganadero	Jefe Oficina	61.308.000-7	Servicio Público
79	Sebastián Aste Brevis	9.908.384-0	Fundo San Bernardo, Km. 7 Camino El Tepual - Puerto Varas	62634009	aste.sebastian@gmail.com	Ricardo Haeger Masse	Ricardo Haeger Masse	Asesor	8.143.315-1	Semillero de papas
80	Sergio Mella Cabrera	12.466.852-2	Alvarado 515, Padre Las Casas	91957107	agropangul@hotmail.com	Agrícola Pangululli	Agrícola Pangululli	Técnico Agrícola	12.466.852-2	Agrícola
81	Victor Diaz Reyes	7.697.879-4	Sector Crucero Rio Bueno	064-341203	leonidas@lebur.cl	Sociedad Agrícola Dimar	Sociedad Agrícola Dimar	Socio Empresario	76.023.481-8	Cultivo de Papa
82	Victor Leonel Benavente Fuentealba	6.710.539-7	Leñ s/n La Unión	064-322337	vbenabente@indap.cl	INDAP La Unión	INDAP La Unión	Ejecutivo Integral Área La Unión	61.307.000-1	Asesoría a la pequeña agricultura
83	Victor Manuel Diaz Reyes	7.697.879-4	Sector Crucero Rio Bueno	64-341203	leonidas@lebur.cl	Soc. Agric. DIMAR	Soc. Agric. DIMAR	Socio Empresario	76.023.481-8	Cultivo de Papas
84	Yamil Martín Garcés	9.998.359-0	Freire 572 Depto F - Osorno	78061634 - 64254305	ymartin@coopersem.cl	Coopersem	Coopersem	Venta en Terreno Agrícola Osorno	83.392.600-6	Agrícola
85	Cristián Méndez Arias	12.706.724-4	Pto. Chafaral 1149, Pto. Montt	65-461213	cmendez@indap.cl	INDAP	INDAP	Ejecutivo integral		Asesoría agrícola

TALLER: "Innovaciones Tecnológicas y Sanidad en el Cultivo de Papa"

Auditórium INIA Remehue

09 de Enero de 2009

Nº	Nombre Completo	RUT Personal	Dirección, Comuna y Región	Fono y Fax	E-mail	organización, empresa o	organización, empresa o	Cargo o actividad que desarrolla	sector a la cual se vincula o en la
86	Eiba Jannette Aguilar Campos	8.706.237-6	Corralhue Chico, Río Bueno	81608056		Independiente		Agricultura	Agrícola
87	Andrés Surber Machado	9.950.392-0	Fdo. Las Quemadas	96455173	agricolaahs@gmail.com	Soc. Agr y Gan. Surber Ltda.	77.725.250-K	Gerente	Cultivos
88	Jaime Andrés Bertin Wiehoff	12.592.740-8	Urmeneta 305 Of. 414- Pto. Montt	065-340137	jabertin@hotmail.com	Agrícola Traikán Ltda.	76.027.895-8	Gerente	Agrícola
89	Juan José Fajardo Llanos	9.190.783-6	Juan Rensis 1310, Osorno	064-248487	juanf@terra.cl	Consultora Veagrotec Ltda.		Operador Base	Ganadería y leche
90	Luis Gargas Gernica	9.776.941-9	Fdo. Los Angeles - Purránque	81382443	paurac@hotmail.com	Fdo. Los Angeles			Papas-Ganado
91	Luis Iván Ditzel Andrade	9.166.761-4	Xª Región de Los Lagos	065-461213	lditzel@indap.cl	INDAP		Ejecutivo Integral	Hortochacería
92	Aureliano Segundo Espinoza Arel	8.808.694-5	Cuesta La Vaca, Los Muermos	92171895		Muermos Cooperativa		Presidente Cooperativ	Papas-productora de semillas
93	Víctor Subiabre Cárcamo	10.528.759-3	Sector Ostiones, Los Muermos	96443020		GTT papas Los Muermos		Socio Empresario	Productor Semilla corriente
94	Rudelin Prudencio Gallardo Yañez	6.015.393-0	Los Muermos	94252135	urizula.barrimentos@alu	GTT Los Muermos		Socio	Producción de semillas
95	Urzula Camila Barrientos Pinto	16.871.758-K	Regalona N°1500, Valdivia	63-214921	mnos.uach.cl	UACH		Estudiante	Recursos Naturales
96	José Germán Castillo Soto	12.308.791-7	Sector Colihulco, Purránque	84484812		El Maitén		Propietario	Papas
97	Andrew Landers				ajl31@cornell.edu	Cornell University		application technology	
98									
99									
100									

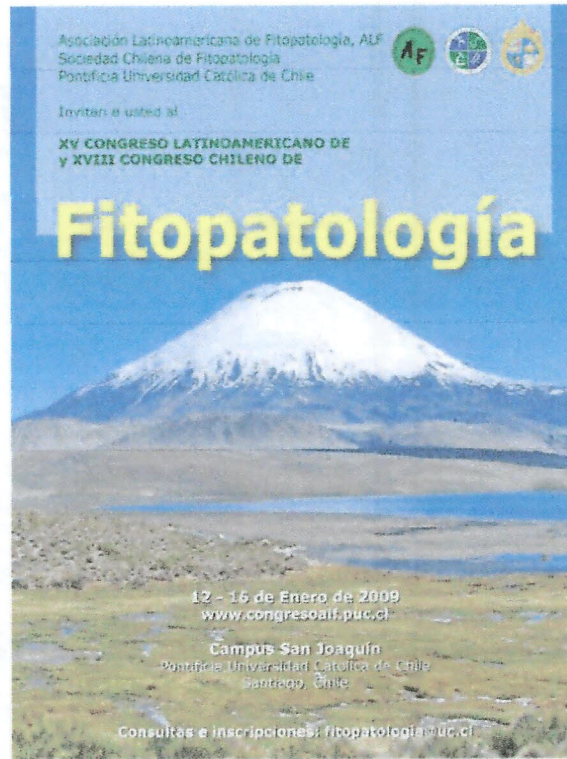


FITOPATOLOGÍA

Libro de resúmenes

XV Congreso Latinoamericano
y
XVIII Congreso Chileno de Fitopatología

Asociación Latinoamericana de Fitopatología, ALF
Sociedad Chilena de Fitopatología, SOCHIFIT
Santiago, Chile



Bienvenidos
al XV Congreso Latinoamericano y
XVIII Congreso Chileno de Fitopatología

Welcome
to the XV Latinamerican Congress and
XVIII Chilean Congress of Plant Pathology

Portada: Volcán: Paríacota, Parque Nacional
Chungará, Putre, Chile

Historical and Current Population Biology of late blight pathogen: from the Andes to the Irish Potato famine

J.B. Ristaino

Department of Plant Pathology, North Carolina State University
Raleigh NC 27695, USA

Abstract

Population genetics studies using statistical analysis and gene genealogies can help track migrations of plant pathogens, determine centers of origin of novel strains, and enable studies of *gene flow between fields*. We examined the global migrations and evolutionary history of *Phytophthora infestans* in modern potato crops and identified the source and strain that caused the 19th century potato famine from archival materials. We used mitochondrial DNA sequences and identified the Ia haplotype of *P. infestans* in 19th century samples from Europe, the US and Ireland. We used nuclear and mitochondrial DNA sequence variability to examine the population history of *P. infestans*. Multilocus sequence data from nuclear and mitochondrial loci support an Andean origin of *P. infestans* and also suggest that the source of inoculum for the potato famine epidemics in Ireland was from the Andean region. Closely related, novel species including *P. andina*, have also evolved in the Andean region of South America. This research highlights the need for further studies on the population biology of *P. infestans* in South America.

Keywords: emerging pathogen, *Phytophthora infestans*, oomycete, potato phylogeography, phytopathology, population genetics

Introduction

Phytophthora infestans is considered the most important biotic constraint to production of potatoes and is a major threat to food security (<http://gilb.cip.cgiar.org>). Worldwide losses exceed 5 billion dollars annually (3). Potatoes are one of the four major global food crops in addition to wheat, rice and corn. The United Nations named 2008 as the "International Year of the Potato" (www.potato2008.org). The US now ranks 5th in production and China ranks first. *Phytophthora* diseases continue to pose a threat to food biosecurity (8). Late blight is considered an emerging infectious disease of potato (Anderson et al, 2004). Emerging infectious diseases are caused by pathogens that: 1) have increased in incidence, geography or host range; 2) have changed pathogenesis; 3) have newly evolved; or 4) have been discovered or newly recognized. Evolution of fungicide resistant strains and novel pathotypes of *P. infestans* continue to challenge the sustainable production of potatoes.

Phytophthora infestans is a limiting factor to sustainable long-term food security in developing countries where fungicide use is less common on potato and certified seed programs are not well established. For this reason a Global Initiative on Late blight was organized by researchers and the International Potato Center in Lima Peru more than 10 years ago to bring the community of agricultural scientists together to coordinate research, extension, and communication activities. The development of rapid detection and diagnostic assays for the late blight pathogen coupled with computer based monitoring systems to record and disseminate both historical and current information on the global population structure of *P. infestans* is important to improve management of this disease and safeguard US and world potato supplies.

Life history

Phytophthora infestans is an oomycete pathogen and more closely related to brown algae than to true fungi (32). Phylogenetic analysis of isolates in the genus *Phytophthora* indicates that *P. infestans* is a member of the 1c clade (10). This clade includes other species including *P. ipomoeae*, *P. mirabilis*, *P. andina* and *P. phaseoli* (10, 14, 20, 30). It has been proposed that *P. andina* is a hybrid species and shares common ancestry with *P. infestans* and *P. mirabilis* (30). We are investigating the evolutionary relationships among the species in the 1c clade in order to further clarify their phylogenetic relationships and ancestry.

Phytophthora infestans reproduces predominately by asexual means and forms sporangia on infected host tissue that either germinate directly to form infection hyphae or release zoospores that are responsible for infections. Sporangia can be dispersed by wind and rain at local and national scales. The pathogen typically survives from season to season as mycelium in infected potato tubers, volunteer potato plants or infected potato cull piles that contribute to epidemic development on subsequent potato crops. The pathogen can form sexual oospores via outcrossing of two mating types called the A1 and A2 (34). The oospore is a resistant structure that can survive for many years in soil or plant debris. Oospores were first described in Mexico in 1958 (19).

Population level studies using gene genealogies and population statistics can be useful to track migrations of plant pathogens, determine centers of origin of novel strains, and examine gene flow (29,42). Phenotypic markers including mating type, specific virulence phenotypes on plants and fungicide sensitivity have been used to characterize populations of *P. infestans* (18). However, since phenotypic markers are under selection pressure and are thus not neutral markers, their use for analysis of migration of pathogen populations is limited. Allozyme alleles at glucose-6-phosphate isomerase (Gpi-1) and peptidase (Pep-1) loci have been useful co-dominant genetic markers for characterizing *P. infestans* populations (18,48). A moderately repetitive, cloned DNA probe (RG57) has been used extensively for identifying clonal genotypes of *P. infestans* by restriction fragment length polymorphisms (23,25). The most common genotype on potato in the US between 1994 to 1996 was US-8 (15,27,28). Populations in the US are considered to be mostly asexual although nineteen clonal genotypes of the pathogen have been identified in US regional populations and there is some evidence of sexual recombination in some populations (21,25,28,50). In contrast, in Europe, where populations are known to be reproducing sexually, first RFLP markers and subsequently microsatellite markers have been used to document predominant genotypes within countries (11,12,35,39). Over 170 genotypes have been observed in the Netherlands where the pathogen population is undergoing sexual reproduction (13,51,52). If sexual reproduction in US populations of the pathogen becomes

more common, this could have devastating effects for potato growers since pathogen strains will be more variable and potentially more difficult to control. There are clearly different genotypes on tomato and potato (50). We have preliminary evidence of host specific adaptation to tomato (Ristaino and Ivors, unpublished).

Phytophthora infestans first caused late blight in European potato crops in 1845 when it spread from its Andean origin first to the US near the ports of Philadelphia and New York and then rapidly from Belgium across a large part of Europe and into Ireland causing widespread crop failure and the subsequent, widely reported, economic and socio-political impacts (5,6). The early populations are considered to have been largely clonal.

There are four known mtDNA haplotypes (Ia, Ib, IIa, IIb) of *P. infestans* (9,31,38). It was previously believed that worldwide populations of *P. infestans* prior to the 1980's originated in Mexico, were the A-1 mating type, asexual and derived from a single clonal lineage called the US-1 genotype or Ib mitochondrial DNA (mtDNA) haplotype (16,26). However, much of this data was based on studies of modern populations of the pathogen that occurred after 1950 and little was actually known about the original strain(s) of the pathogen that existed during famine-era epidemics. There have clearly been multiple migrations of the pathogen out of Mexico in the latter half of the 20th century and sexual reproduction and the occurrence of multiple clonal lineages have been well documented there (16).

Recent evidence suggests that the initial lineage introduced to the US and Europe was the Ia mtDNA haplotypes and that this haplotype was subsequently replaced by the Ib mtDNA haplotype (40,45). In the mid 1970's new populations, comprising both the A1 and A2 mating types, were introduced into Europe and the US, probably from Mexico, and displaced the initial A1 lineages (16,17,26,47). Oospores now play a role in the disease cycle in some areas of Europe and Canada (13,21). Understanding variation in pathogen populations of *P. infestans* is clearly a significant factor in deploying effective and durable control strategies. *P. infestans* populations continue to change and late blight management remains a significant challenge to the potato and tomato industry. Identifying the population structure of historic epidemics and documenting genetic changes in pathogen populations over the long-term is useful.

Population biology

What haplotype was responsible for disease during 19th century epidemics? Nineteenth and early twentieth century scientists collected and preserved potato and tomato leaves infected with *P. infestans* and specimens exist from the Irish potato famine. We used these historical specimens to clarify present day questions about the epidemiology, evolution and population biology of the pathogen (40,43,45,46). Historical collections of late blight infected potatoes were obtained from the Mycological Herbarium of the Royal Botanic Gardens in Kew England, among other collections (40,43,45,46). Disputes about nomenclature, phylogenetics, function and evolution of genes, and origins of populations can be addressed with herbarium specimens. Genomes of specimens are preserved in herbarium collections making them a valuable scientific database for sampling populations when coupled with the use of molecular techniques.

We used the polymerase chain reaction (PCR) to amplify minute amounts of DNA from *P. infestans* infected potato leaves from historic epidemics. We identified the mitochondrial DNA (mtDNA) haplotype(s) present in specimens collected during the Irish potato famine and later in the 19th and early 20th century using genetic analysis of

mitochondrial DNA (40,45). First, a 100bp fragment of DNA from internal transcribed space region 2 specific for *P. infestans* was amplified from 90% of the samples tested, confirming infection by *P. infestans* (43,45,49). Then primers were designed that amplify short segments of mtDNA around variable restriction sites that separate mtDNA haplotypes and the DNA was sequenced. Eighty six percent of the sequences from herbarium specimens from historic epidemics were infected with the Ia mtDNA haplotype of *P. infestans* (40).

Two mid 20th century potato leaves from Ecuador collected on 1967 and Bolivia in 1944 were infected with the Ib mtDNA haplotype of the pathogen. Both the Ia and IIB haplotypes were found in specimens collected in the 1950's in Nicaragua documenting multiple clonal lineages in Central America. Our data suggest that the Ia haplotype of *P. infestans* was responsible for the historic epidemics during the potato famine in the 19th century in the UK, Europe, and the US and not the Ib haplotype (US-1 genotype) as was previously believed (26,40). The reference to the US-1 genotype as the "old clonal genotype" is not correct. The Ib haplotype actually appears in most populations after the mid 20th century and could have been moved with potato germplasm as breeding programs increased around the world.

The Ib mtDNA haplotype of the pathogen was most likely dispersed later in the early 20th century from the Andean region of Bolivia and Ecuador. In fact, labels from herbarium collections implicated Ecuador as one source for the introduction of the Ib haplotype into the US in 1944 and 1967. Our data challenge the hypothesis that a single clonal lineage of *P. infestans* existed outside of Mexico in the 19th century since multiple haplotypes were present in samples from Nicaragua in 1954 and 1956 and pathogen diversity was greater than previously believed (26). These data also open the possibility that both mating types were present outside of Mexico before the first reports of oospores in 1958 by Gallego and Galindo (19) since the Ia haplotype can be either an A1 or A2 mating type. Kotilla reported oospores of *P. infestans* in potato and worked with the oospores to document their infectivity on potatoes in 1946 in Minnesota. Her master's thesis was never published in a scholarly journal and has largely been ignored (36).

Global migrations and evolutionary history

We have sequenced the mitochondrial genomes of three haplotypes of *P. infestans* (4). Phylogenetic and coalescent analysis revealed that although the type I and II haplotypes shared a common ancestor, they clearly formed two lineages that evolved independently. Type II haplotypes diverged earlier than the type I haplotypes. Our data do not support a previous hypothesis that the type II lineages evolved from type I lineages (22). Our data support the idea that all the extant mitochondrial lineages of *P. infestans* evolved from a common ancestor in South America (29).

We assessed the genealogical history of *P. infestans* using sequences from portions of two nuclear genes (β -tubulin and *Ras*) and several mitochondrial loci P3, (*rpl14*, *rpl5*, tRNA) and P4 (*Cox1*) from 94 isolates from South America, Central America, and North America, as well as Ireland (29). Summary statistics, migration analyses and the genealogy of populations of *P. infestans* for both nuclear and mitochondrial loci are consistent with an "out of South America" origin for *P. infestans*. Mexican populations of *P. infestans* from the putative center of origin in Toluca Mexico harbored less nucleotide and haplotype diversity than Andean populations. Coalescent-based genealogies of all loci were congruent and demonstrate the existence of two lineages leading to present day haplotypes of *P. infestans* on potatoes (Fig. 1). Nuclear and mitochondrial haplotypes

found in Toluca Mexico were derived from only one of the two lineages (type I haplotypes), whereas haplotypes from Andean populations in Peru and Ecuador were derived from both lineages. Haplotypes found in populations from the US and Ireland were derived from both ancestral lineages that occur in South America suggesting a common ancestry among these populations. The oldest lineage was associated with isolates from the section Anarrhichomenun including *Solanum tetrapetalum* from Ecuador and was identified as *P. andina* (30). This species evolved from a common ancestor of *P. infestans* (Fig. 2). The geographic distribution of mutations on the rooted coalescent tree demonstrate that the oldest mutations in *P. infestans* originated in South America and are consistent with an Andean origin. (29).

Phytophthora infestans continues to evolve on *Solanum* hosts in the Andean region and Mexico and there is evidence that hybrid strains have developed that infect hosts that are of potential interest for import to the United States (1,14,30,41). We have examined phylogenetic relationships of isolates of *Phytophthora infestans* sensu lato from the Andean Highlands of South America (30). Three clonal lineages (US-1, EC-1, EC-3) and one heterogeneous group (EC-2.Ic, EC-2.Ia) were found in association with different host species in the genus *Solanum* (1). The EC-1 clonal lineage of *P. infestans* sensu lato was confirmed to be *P. infestans* based on sequences of the mitochondrial cytochrome oxidase I (*cox I*) gene and intron 1 of *ras* gene (30). However, the EC-2.Ic isolates formed a distinct branch in the 1c clade with *P. infestans* and *P. mirabilis*, *P. phaseoli* and *P. ipomoeae* for both *cox I* and *ras* intron 1 phylogenies and were identified as the newly described species *P. andina* (30,37)(Fig. 2). *Ras* intron 1 sequence data suggests that *P. andina* may have arisen via hybridization between *P. infestans* and *P. mirabilis* (24,30). Several plants including pear melon (*S. muricatum*) and tree tomato (*S. betaceum*) are hosts to *P. infestans* and are also imported into the US from South America. Both the EC-2 (A2) and US-1(A1) genotypes have been found on pear melon (Adler et al, 2002). Thus, pear melon could be a bridge species and a potential host for sexual reproduction of *P. infestans* and novel species evolution in the Andes. Other new species of *Phytophthora* have been described from hybrid origins on a number of different hosts (8). Clearly tracking *P. infestans* genotypes south of our borders is of importance to protect US potato growers from invasive new strains of the pathogen.

Conclusions

We used historical specimens to clarify present day questions about the epidemiology, evolution and population biology of *P. infestans*. Our work with historic herbarium collections has shed new light on the population biology of this devastating plant pathogen. Several widely held theories on the origin, and strain of the pathogen responsible for historic epidemics, and the molecular evolution of mitochondrial haplotypes have been refuted (4,29,40,45). Herbarium collections can be useful for tracking historic migrations and documenting genetic structures of populations from the past. Now with the development of microsatellite markers, further work may be possible to use historic specimens to further elucidate genetic structure in old populations and compare them to present day populations of the pathogen. An important message from our work is that sample selection is highly important in population genetic studies. Both temporal and spatial scales need to be considered when documenting population structure. Archival materials can be used to enhanced the resolution of migration experiments. Unfortunately, archival collections are continually threatened as resources dwindle for maintaining herbaria. Plant pathologists need to join forces with mycologists

by contributing to collections and helping preserve and utilize herbarium collections for populations genetics research.

Phytophthora species are responsible for devastating diseases on a wide range of host crops, natural vegetation and forestry worldwide. They represent a significant and emerging biosecurity threat, in large part due to increases in plant movement via international trade (8). *Phytophthora infestans* exemplifies this threat; it was the first species in the genus described and left a path of devastation on potato in its wake in the US, Ireland and Europe in the nineteenth century (5,6,16). The potential for the emergence of new pathogens through hybridization, global migration, and accidental release due to expanding agricultural activities and trade, as well as increased concerns about agroterrorism, underscore the importance of integrated projects that produce and document phenotypic and genotypic structure of pathogen populations and disseminate this information to the global community (8). Clearly, migration has played a major role in the life history of *P. infestans*. Species hybridization within the clade and development of novel species such a *P. andina* in the tropics underscores the need for further research on biodiversity in the genus on tropical crops.

Acknowledgements

The authors would like to thank many individuals that have contributed to the research discussed in this paper including former postdoctoral associates Cruz Avila-Adame (Marone Organics, Davis, CA), Carol Trout Groves, and Kimberley May (Melbourne University), visiting scholar Liyun Guo (China Agricultural University), former graduate assistant Luis Gomez-Alpizar (Universidade de Costa Rica), former technician Greg Parra (USDA APHIS) and collaborators Robin Buell (formerly TIGR, now Michigan State Univ), Ignazio Carbone (NC State University), Greg Forbes (CIP), Ricardo Oliva (John Innes Institute, UK), and Tom Randall (UNC Bioinformatics Center).

References

1. Adler, N.E., Erselius, L.J., Chacon, M.G., Flier W.G., Ordoñez, M.E., Kroon L.P.N.M., and Forbes G.A. 2004. Genetic diversity of *Phytophthora infestans* sensu lato in Ecuador provides new insight into the origin of this important plant pathogen. *Phytopathology* 94:154-162.
2. Anderson, P.K., Cunningham, A.A., Patel, N.G., Morales, F.J., Epstein, P.R., and Daszak, P. 2004. Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends Ecol Evol.* 19:535-544.
3. Anonymous, 1996. Late blight: A global initiative. Lima, Peru, International Potato Center (CIP).
4. Avila-Adame, C., Gómez-Alpizar, L., Buell, R.C., and Ristaino, J.B. 2006. Mitochondrial genome sequencing of the haplotypes of the Irish Potato famine pathogen, *Phytophthora infestans*. *Curr. Gen.* 49:39-46.
5. Berkeley, M.J. 1846. Observations, botanical and physiological on the potato murain. *J. Hort. Soc. London* 1:9-34.
6. Bourke, P.M. 1964. Emergence of potato blight. *Nature* 203:805-808.
7. Brasier, C.M., Cooke, D.E.L., and Duncan JM. 1999. Origin of a new *Phytophthora* pathogen through interspecific hybridization. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96:5878-5883.
8. Brasier, C.M. 2008. The biosecurity threat to the UK and the global environment from international trade in plants. *Plant Pathol.* DOI.111/j.1365-3059.2008.01886.
9. Carter, D.A., Archer, S.A., Buck, K.W., Shaw, D.S., and Shattock, R.C. 1990. Restriction fragment length polymorphisms of mitochondrial DNA of *Phytophthora infestans*. *Mycol. Res.* 94:1123-1128.
10. Cooke, D.E.L., Drenth, A., Duncan, J.M., Wagels, G., and Brasier, C.M. 2000. A molecular phylogeny of *Phytophthora* and related oomycetes. *Fungal Genet. Biol.* 30:17-32.
11. Cooke, D.E.L., Lees, A.K., Hansen, J.G., Lassen, P., Andersson, B., and Bakonyi, J. 2006. EUCABLIGHT: progress in characterizing European *P. infestans* populations. *Proceedings of the 9th workshop of a European network for the development of an integrated control strategy for late blight – PPO special report No. 11*, 143-150.

12. Cooke, D.E.L., Lees, A.K., Hansen, J.G., Lassen, P., Andersson, B., and Bakonyi, J. 2007. EUCABLIGHT: one year on: An update of the European blight population database. Proceedings of the 10th workshop of an European network for the development of an integrated control strategy of potato late blight – PPO special report No. 12, 129135.
13. Drenth, A., Tas, I., and Govers, F. 1994. DNA fingerprinting uncovers a new sexually reproducing population of *Phytophthora infestans* in the Netherlands. Eur. J. Plant Pathol. 100:97-107.
14. Flier, W.G., Grünwald, N.K., Kroon, L.P.N.M., Sturbaum, A.K., van den Bosch T.B.M., Garay-Serrano, E., Lozoya-Saldana, H., Bonants, P.J.M., and Turkensteen, L.J. 2002. *Phytophthora ipomoeae* sp. nov., a new homothallic species causing leaf blight on *Ipomoea longipedunculata* in the Toluca Valley of central Mexico. Mycol Res 106:848-856.
15. Fraser, D.E., Shoemaker, P.B., and Ristaino, J.B. 1999. Characterization of isolates of *Phytophthora infestans* from tomato and potato in North Carolina from 1993-1995. Plant Dis. 83:633-638.
16. Fry, W. 2008. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. Mol. Plant Pathol. 9:385-402.
17. Fry, W., Goodwin, S., Matuszak, J., Spielman, L., and Milgroom, M. 1992. Population genetics and intercontinental migrations of *Phytophthora infestans*. Annu. Rev. Phytopathol. 30: 107-29.
18. Fry, W., Goodwin, S., Dyer, A., Matuszak, J., Drenth, A., Tooley, P., Sujkowski, L., Koh, Y., Cohen, B., Spielman, L., Deahl, K., Inglis, D., and Sandlan, K. 1993. Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: chronology, pathways, and implications. Plant Dis. 77:653-661.
19. Gallegly, M.E., and Galindo, J. 1958. Mating types and oospore of *Phytophthora infestans* in nature in Mexico. Phytopathology 48:274-277.
20. Galindo, A.J., and Hohl, H.R. 1985. *Phytophthora mirabilis*, a new species of *Phytophthora*. Sydowia Ann. Mycol. Ser. II. 38:87-96.
21. Gavino, P.D., Smart, C.D., Sandrock, R.W., Miller, J.S., Hamm, P.B., Yun Lee, T., Davis, R. M., and Fry, W.F. 2000. Implications of sexual reproduction for *Phytophthora infestans* in the United States: Generation of an aggressive lineage. Plant Disease 84:731-735.
22. Gavino, P.D., and Fry, W. 2002. Diversity in and evidence for selection of the mitochondrial genome of *Phytophthora infestans*. Mycol 94:781-793.
23. Goodwin, S., Drenth, A., and Fry, W. 1992. Cloning and genetic analyses of two highly polymorphic, moderately repetitive nuclear DNA's from *Phytophthora infestans*. Cur. Gen. 22: 107-115.
24. Goodwin, S.B., and Fry W. 1994. Genetic analysis of interspecific hybrids between *Phytophthora infestans* and *Phytophthora mirabilis*. Exp Mycol 18:20-32.
25. Goodwin, S.B., Cohen, B.A., Deahl, K.L., and Fry, W.E. 1994a. Migration from Northern Mexico as the probable cause of recent genetic changes in populations of *Phytophthora infestans* in the United States and Canada. Phytopathology 84:553-558.
26. Goodwin, S., Cohen, B., and Fry, W. 1994b. Panglobal distribution of a single clonal lineage of the Irish potato famine fungus. Proc. Nat. Acad. Sci. 91:11591-11595.
27. Goodwin, S. B., and Drenth, A. 1997. Origin of the A2 mating type of *P. infestans* outside Mexico. Phytopathology 87:992-999.
28. Goodwin, S.B., Smart, C.D., Sandrock, R.W., Deahl, K.L., Punja, Z.K., and Fry, W.E. 1998. Genetic change within populations of *Phytophthora infestans* in the United States and Canada during 1994-1996: role of Migration and Recombination. Phytopathology 88:939-949.
29. Gomez, L., Carbone, I., and Ristaino, J. B. 2007. An Andean origin for *Phytophthora infestans* inferred from nuclear and mitochondrial DNA sequences. Proc. Nat. Acad. Sci. 104:3306-3311.
30. Gomez, L., Hu, H., Olivia, R., Forbes, G., and Ristaino, J.B. 2008. Phylogenetic relationships of a new species, *Phytophthora andina*, from the highlands of Ecuador that is closely related to the Irish Potato famine pathogen *Phytophthora infestans*. Mycologia: 100:590-602.
31. Griffith, G.W., and Shaw, D.S. 1998. Polymorphisms in *Phytophthora infestans*: Four mitochondrial haplotypes are detected after PCR Amplification of DNA from pure cultures or from host lesions. Appl. Envir. Micro. 64:4007-4114.
32. Gunderson, J.H., Elwood, H., Ingold, H., Kindle, A., and Sogin, M.L. 1987. Phylogenetic relationships between chlorophytes, chrysophytes, and oomycetes. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 84:5823-5827.
33. Guo, L. Zhu, X. Q., Liu, G., and Ristaino, J.B. 2008. Genetic diversity of *Phytophthora infestans* from China. Page 26 In: Proceedings of Global Initiative on Late Blight, Beijing China, April 3-5, 2008.
34. Judelson, H. 2007. Genomics of the plant pathogenic oomycete *Phytophthora*: insights into biology and evolution. Pages 97-141 In: Adv. Gen. Academic Press.
35. Knapova, G., and Gisi, U. 2002. Phenotypic and genotypic structure of *Phytophthora infestans* populations on potato and tomato in France and Switzerland. Plant Pathol. 51:641-553.

36. Kotilla M. A. Studies on the potato late blight fungus. M. S. Thesis, University of Minnesota, St. Paul, 1946.
37. Kroon, L.P.N.M., Bakker, F.T., van den Bosch, G.B.M., Bonants, P.J.M., and Flier, W.G. 2004. Phylogenetic analysis of *Phytophthora* species based on mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Fungal Genet. Biol.* 41: 766-82.
38. Lang, B.F., and Forget, L. 1993. The mitochondrial genome of *Phytophthora infestans*. Pages 3.133-3.135 in S. J. O'Brien ed. Genetic maps. Locus maps of complex genomes.
39. Lees, A.K., Wattier, R., Sullivan, L., Williams, N.A., and Cooke, D.E.L. 2006. Novel microsatellite markers for the analysis of *Phytophthora infestans* populations. *Plant Pathology* 5:311-319.
40. May, K. J., and Ristaino, J.B. 2004. Identify of the Mitochondrial DNA Haplotype(s) of *Phytophthora infestans* in Historical Specimens from the Irish Potato Famine. *Mycol. Res.* 108:171-179.
41. Oliva, R.F., Chacon, M.G., Cooke D.E.L., Lees, A.K., and Forbes, G.A. 2007. Is *Phytophthora infestans* a good taxonomist? Host recognition and co-evolution in the *Phytophthora/Solanum* interaction. Proceedings of the Sixth International Solanaceae Conference. Editors DM Spooner, L. Bohs, J. Giovannoni, RG Olmstead, and D. Shibata. Madison USA (July 2006). *Acta Horticulturae* 745:465-470.
42. Price, E.W., and Carbone, I. 2005. SNAP: workbench management tool for evolutionary population genetic analysis. *Bioinformatics* 21:402-404.
43. Ristaino, J.B. 1998. The importance of archival and herbarium materials in understanding the role of oospores in late blight epidemics of the past. *Phytopathology* 88:1120-1130.
44. Ristaino, J.B., Madritch, M., Trout, C.L., and Parra, G. 1998. PCR amplification of ribosomal DNA for species identification in the plant pathogen genus *Phytophthora*. *Appl. Environ. Microbiol.* 68:948-954.
45. Ristaino, J.B., Groves, C.T., and Parra, G. 2001. PCR Amplification of the Irish Potato Famine Pathogen from Historic Specimens. *Nature* 41:695-697.
46. Ristaino, J.B. 2002. Tracking historic migrations of the Irish potato famine Pathogen *Phytophthora infestans*. *Microbes and Infection*. 4:1369-1377.
47. Ristaino, J.B. 2006. Tracking the evolutionary history of the potato blight pathogen with historical collections. *Outlooks in Pest Management* 17:228-231.
48. Tooley, P.W., Therrien, C.D., and Ritch, D.L. 1989. Mating type, race composition, nuclear DNA content, and isozyme analysis of Peruvian isolates of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 79:478-481.
49. Trout, C.L., Ristaino, J.B., Madritch, M., and Wangsomboondee, T. 1997. Rapid Detection of *Phytophthora infestans* in late blight infected tissue of potato and tomato using PCR. *Plant Disease* 81:1042-1048.
50. Wangsomboondee, T., Groves, C.T., Shoemaker, P.B., Cubeta, M.A., and Ristaino, J.B. 2002. *Phytophthora infestans* populations from Tomato and Potato in North Carolina differ in the genetic diversity and structure. *Phytopathology* 92:1189-1195.
51. Zwankhuizen, M.J., Govers, F., and Zadoks, J.C. 1998. Development of potato late blight epidemics: Disease foci, disease gradients, and infection sources. *Phytopathology* 88:754-63.
52. Zwankhuizen, M.J., Govers, F., and Zadoks, J.C. 2000. Inoculum sources and genotypic diversity of *Phytophthora infestans* in Southern Flevoland, the Netherlands. *Eur. J. Plant Pathol.* 106:667-680.

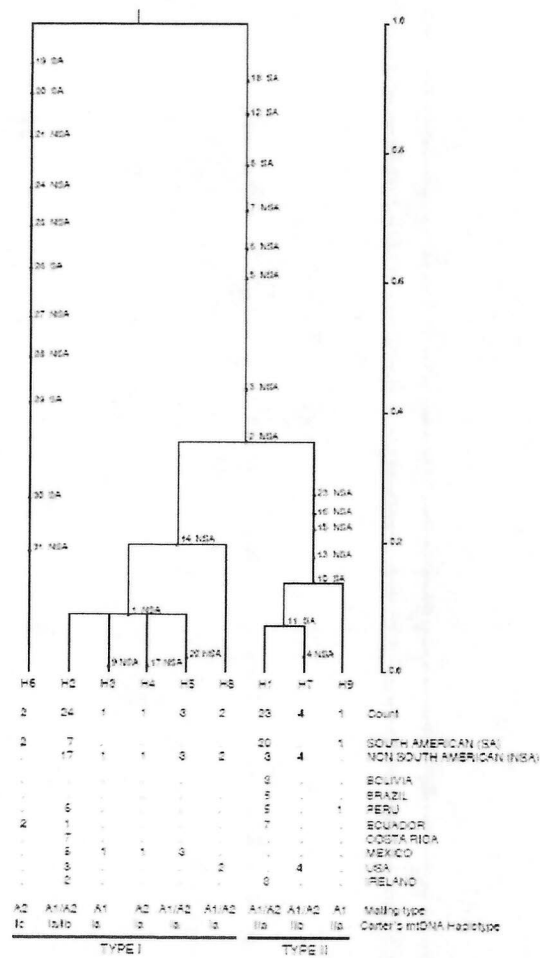


Fig. 1 The rooted coalescent-based gene genealogy showing the distribution of mutations for South American (SA: Peru, Ecuador, Bolivia, Brazil) and non South American (NSA: Costa Rica, Mexico, US, Ireland) populations for the mitochondrial (P3+P4) loci of *Phytophthora infestans* generated using GENETREE. The time scale is in coalescent units of effective population size and the direction of divergence is from the top (past-oldest) to the bottom (present-youngest). Numbers below the tree from top to bottom designate each distinct haplotype and its count (i.e., the number of occurrences of the haplotype in the sample), the count of each haplotype in each population, the mating type of the isolates, and the mtDNA haplotype. Image reproduced from Fig. 1, Gomez et al, 2007.

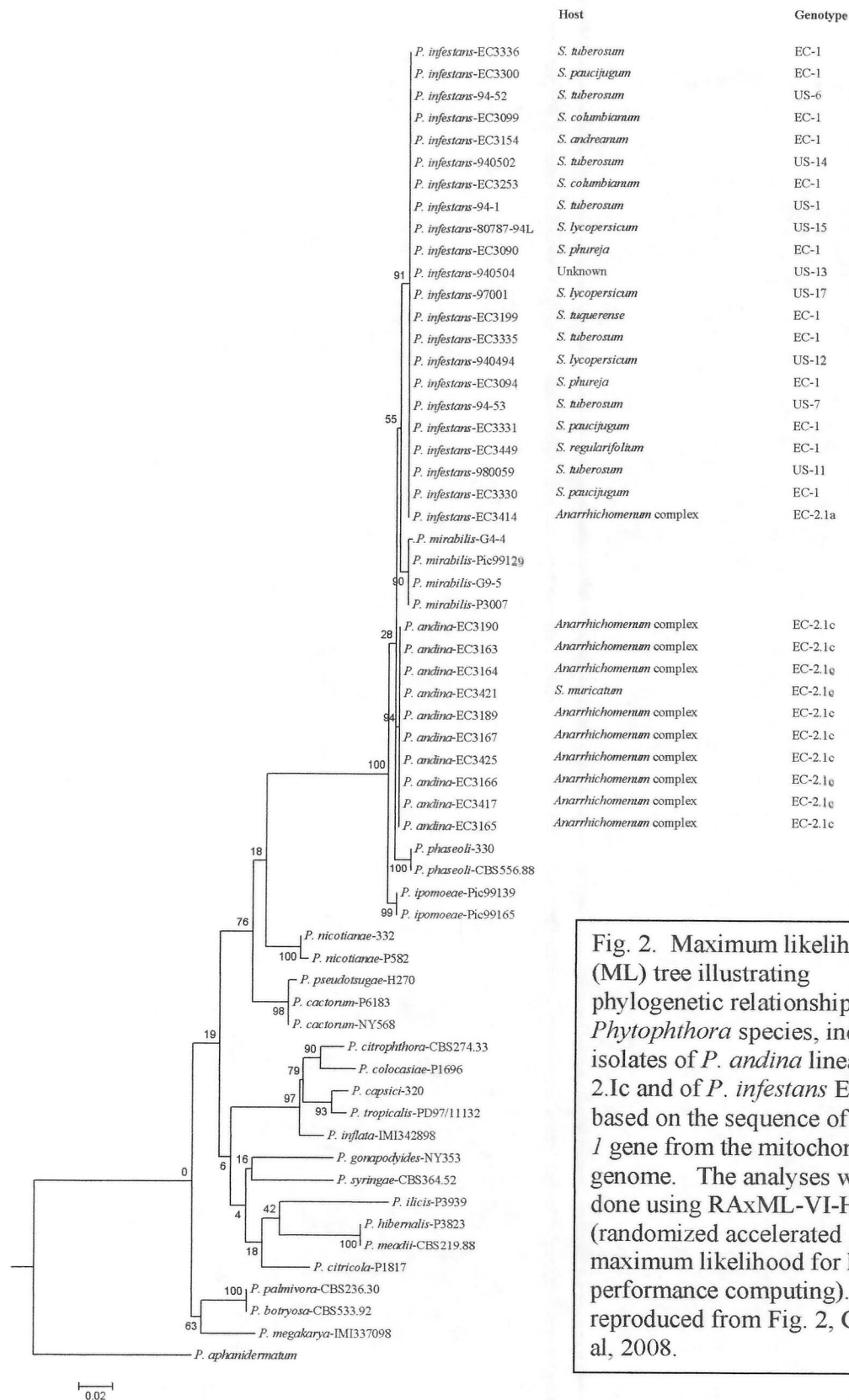


Fig. 2. Maximum likelihood (ML) tree illustrating phylogenetic relationship among *Phytophthora* species, including isolates of *P. andina* lineage EC-2.1c and of *P. infestans* EC-2.1a based on the sequence of the *cox 1* gene from the mitochondrial genome. The analyses were done using RAXML-VI-HP (randomized accelerated maximum likelihood for high performance computing). Image reproduced from Fig. 2, Gomez et al, 2008.

Manejo integrado del tizón tardío de la papa y uso de pronosticadores en Chile

I. Acuña¹, B. Sagredo¹, R. Bravo¹ y M. Gutierrez²

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Remehue, Osorno, Región de Los Lagos, Chile. ²Laboratorio Regional Servicio Agrícola y Ganadero Osorno, Región de Los Lagos, Chile. iacuna@inia.cl

Chile es el sexto productor de papa en América Latina, con una superficie de 60.000 ha sembradas anualmente. La papa es el tercer cultivo anual en superficie y es también un producto importante en la canasta del consumo familiar del país (FAO, 2008).

La papa como cultivo tiene gran importancia económica y social con más de 91.000 productores y más de 5 millones de jornadas hombre dedicadas al cultivo, estimándose un valor de mercado de US\$ 300 millones anuales. Adicionalmente, este cultivo es un alimento básico de la población chilena, con un consumo anual per capita de 54 kg., aportando 94 calorías y 3.5 g de proteína a la dieta diaria de la población (Rojas y Orenas, 2006).

Una de las grandes limitantes en la producción de papa son los problemas fitopatológicos, los que producen pérdidas importantes en los rendimientos y calidad de los productos producidos. Actualmente, el control de enfermedades fungosas se basa principalmente en el uso de agroquímicos, los cuales al no ser utilizados correctamente, aumentan los costos de producción y representan un riesgo para la salud de las personas y el medio ambiente. La mejor estrategia de control de plagas y enfermedades es indudablemente la aplicación de un manejo integrado de ellas en el cultivo de papa.

El tizón tardío es una enfermedad causada por el hongo *Phytophthora infestans*. Es la enfermedad mas importante que afecta el cultivo de la papa y está ampliamente distribuida en el mundo. Es una enfermedad que se dispersa rápidamente y puede abarcar grandes superficies cuando las condiciones climáticas son favorables (Secor, 2003).

El tizón tardío puede atacar las plantas en cualquier estado de desarrollo, afectando hojas, tallos y tubérculos. Cuando la infección ocurre temprano puede producir pérdidas de hasta un 100% de la producción. Los primeros síntomas en las hojas, son pequeñas manchas acuosas de color verde oscuro, las cuales se expanden rápidamente formando zonas café atizonadas irregulares si hay condiciones de alta humedad. Si las condiciones de alta humedad continúan, todo el follaje se afecta, colapsa y muere. En los tallos se forman lesiones de color café púrpura por infección directa o por extensión de la lesión de los peciolo de las hojas. Los tallos afectados se tornan frágiles y quebradizos. Los tubérculos afectados forman lesiones externas de color café púrpuras de forma irregular y hundidas. Al cortar el tubérculo, el tejido inmediatamente bajo la lesión es de color café cobrizo, de textura granular y firme (Acuña y Rojas, 2006).

Phytophthora infestans crece y esporula mas abundantemente en humedades relativas cercanas al 100% y en temperaturas entre 15 y 25°C. Temperaturas sobre 30°C disminuyen o detienen su crecimiento, pero no lo eliminan. Si retornan las condiciones son

favorables, nuevamente comienza a esporular (Agrios, 2005). Este patógeno ha sido capaz de adaptarse a diferentes climas y latitudes (Garlick et al., 2002). Igualmente, nuevos biotipos han emergido en las últimas décadas haciendo más difícil su control (Fry and Goodwin, 1997). *P. infestans* es un organismo heterotálico, con 2 grupos de apareamiento, A1 y A2. El tipo A1 fue el más predominante en el mundo. Sin embargo, a fines del siglo 20, se detectaron genotipos del grupo A2 en diferentes lugares. Los primeros reportes de estos nuevos genotipos fueron en Europa, después en Sud América, África y Asia, y finalmente en Estados Unidos y Canadá (Stevenson et al., 2001). En Sud América el grupo A2 ha sido reportado en Argentina, Bolivia, Brazil, Ecuador, y Uruguay (Adler et al., 2002; Crissman and Lizárraga, 1999).

Los primeros reportes de tizón tardío en Chile datan de fines de la década del 40 (Anónimo, 1951), donde tuvo un gran impacto en la producción de papa nacional, causando que gran parte de los cultivares utilizados entonces se perdieran, como fue el caso de Corahila.

En el sur de Chile, las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de tizón tardío son variables de acuerdo a las condiciones de cada temporada y a la zona geográfica. Sin embargo, la potencialidad de desarrollo de la enfermedad en forma epifítica es alta. Esto dado por un conjunto de factores. Uno de éstos está relacionado a la principal fuente de inóculo del patógeno. Las características meteorológicas de la época invernal en la zona sur de Chile permite la presencia de tubérculos de papa en el suelo temporada a temporada, y dado que *P. infestans* sobrevive solo en tejido vivo al multiplicarse asexualmente, los tubérculos se convierten en la principal fuente de la enfermedad del hongo, permitiendo su sobrevivencia durante la época invernal. Lo anterior junto a cambios en las características de patogenicidad y virulencia del patógeno y la utilización, principalmente, de cultivares comerciales de papa susceptibles a tizón tardío, aumentan la probabilidad del daño potencial al presentarse las condiciones favorables para la enfermedad.

El principal factor considerado en un programa de manejo integrado es la prevención, esto a través del uso de tubérculo semilla (TSP) sano, no utilizar TSP desde zonas afectadas por la enfermedad, eliminación de plantas voluntarias y hospederos alternantes, rotación de cultivos, detección temprana y eliminación de focos de la enfermedad, la utilización de sistemas de alerta temprana para un control químico oportuno y finalmente el uso eficiente de fungicidas. Igualmente, es necesario considerar las condiciones edafoclimáticas del lugar de plantación, las características de las poblaciones del patógeno, cultivares producidos, objetivo de la producción y factores económicos. Todo esto influye en las decisiones de manejo del cultivo.

Desde 2003, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), en asociación con otras instituciones, tanto públicas como privadas, comenzó estudios con el objetivo de implementar estrategias de manejo integrado de tizón tardío basado en el uso de pronosticadores. Para lo cual se realizaron estudios de caracterización de poblaciones de *P. infestans*, determinación de resistencia relativa de cultivares de papa y líneas avanzadas del programa de mejoramiento de INIA y la calibración, validación y establecimiento de un servicio de alerta temprana para tizón tardío.

Estudios previos de *P. infestans* en Chile realizados en 2001 por INIA y la Universidad de Dakota del Norte (NDSU) en el norte de Chile, concluyeron que todos los aislamientos colectados pertenecen al grupo A1/US1, compuesta de varios patotipos de baja agresividad (Riveros et al 2003), pero, todos los aislamientos eran altamente resistente a metalaxil ($EC_{50} > 300\text{ppm}$).

Durante las temporadas 2003/04 y 2004/05, el INIA con el apoyo del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), colectaron 250 aislamientos de *P. infestans* en zonas productoras de papa de las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. Dado la agresividad con la que se presentó la enfermedad en la temporada 2006-07, se realizaron nuevas colecciones del hongo en los últimos años. Estas poblaciones se caracterizaron para presencia de genes de virulencia, grupos de apareamiento, resistencia a metalaxil y perfil genético mediante aloenzimas y polimorfismos de ADN (SRR) (CIP, 2007; Deahl et al, 1993; Dorrance et al, 1999; Lees et al 2006).

La caracterización de las poblaciones hasta 2004-2005 describió todos los aislamientos como grupo de apareamiento A1, susceptible a metalaxil con menos de 3 ppm de EC₅₀ y altamente complejos en patotipos pero predominando los individuos con 2, 4 y 5 genes. Adicionalmente, los genes más frecuentes son los 10 y 11, presentes en más del 93% de la población. De acuerdo con el patrón isoenzimático y SSR, 7 y 12 genotipos se diferencian para las colecciones 2003-2004 y 2004-2005, respectivamente, predominando un genotipo con >70% de la frecuencia. Sin embargo, en la colección 2006-2007 se determinó la presencia de genotipos altamente resistentes a metalaxil con EC₅₀ mayores a 100ppm y diferentes en su perfil genético a las poblaciones previas. Presentan un patrón de patotipos complejo con 9 a 10 genes de virulencia, pero aún todos los aislamientos pertenecen al grupo de apareamiento A1. Adicionalmente, estas nuevas poblaciones de *P. infestans* muestran características de mayor agresividad y sintomatología asociada principalmente a brotes y tallos.

Desde el punto de vista económico es deseable la utilización de cultivares con resistencia genética a tizón tardío. Es por esto que muchos programas de mejoramiento en el mundo han incorporado este tema como meta. Pero esto ha sido difícil por la capacidad del patógeno de sobrepasar la resistencia del hospedero y por la complejidad de la genética y mejoramiento de papa. INIA tiene un exitoso programa de mejoramiento en Chile desde 1980 liberando cultivares como Pehuenche, Ona, Karu, Pukará, and Yagana. Durante las últimas 5 temporadas han realizado evaluaciones de resistencia relativa a tizón tardío de los principales cultivares comerciales de papa en Chile y de algunas líneas avanzadas del programa de mejoramiento de INIA en diferentes localidades de la zona sur. Muchos de los cultivares evaluados muestran susceptibilidad a tizón tardío, pero bajo las mismas condiciones se detectaron diferentes grados de susceptibilidad. Es así como cultivares comerciales Amadeus, Sinfonía, Pehuenche y las líneas R89063-84 y R 89063-59 han mostrado buena resistencia a esta enfermedad bajo condiciones de campo todas las temporadas de evaluación.

Para determinar las condiciones ambientales favorables a la enfermedad y desarrollar una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para su control, durante las temporadas 2004-05 y 2005-06 se evaluaron, calibraron y validaron tres modelos de pronóstico para el manejo de tizón tardío: Blitecast (Krause et al, 1975), Negfry (Hansen et al, 1995) y Dacom Plant plus On line (DACOM PPO, 2003). Estos modelos se evaluaron en 10 localidades de las regiones de la Araucanía y Los Lagos en el sur de Chile. Posteriormente, en las temporadas 2006-2007 y 2007-2008, el modelo Blitecast fue calibrado y evaluado para el desarrollo de estrategias de manejo químico y su interacción con la susceptibilidad de los cultivares, bajo riego y secano. Los datos meteorológicos para los modelos a evaluar se obtuvieron de estaciones meteorológicas cercanas a las parcelas experimentales conectadas vía telefonía móvil a un servidor.

De los tres modelos de pronóstico para tizón tardío evaluados bajo las condiciones de las temporadas 2004-2005 y 2005-2006, Blitecast determinó con más exactitud la presencia de la enfermedad en las plantas, indicando alertas previo a la aparición de los síntomas. Igualmente, en todas las zonas evaluadas Negfry y DACOM indicaron condiciones favorables para tizón tardío con más frecuencia que Blitecast, pero sin asociación de síntomas posteriores en las plantas. Dado lo anterior, se decidió utilizar este modelo como base para el desarrollo de estrategias de manejo químico en las temporadas posteriores. Utilizando este sistema de alerta con modificaciones para condiciones de riego y secano se logró niveles de control similares a un calendario fijo de aplicación, disminuyendo la cantidad de aplicaciones de fungicidas en un 40% y 15% para cultivos de secano y riego, respectivamente, con un cultivar susceptible. Adicionalmente, todos los tratamientos químicos presentaron un nivel de daño significativamente menor que los testigos.

Con el fin de mejorar la toma de decisiones de los agricultores para el manejo integrado de tizón tardío, INIA está implementando un sistema de alerta temprana en base a una red de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA's). Para la implementación de la red se utilizaron Estaciones Meteorológicas Automáticas conectadas mediante telefonía móvil a un servidor. Estas se encuentran emplazadas en las principales zonas productoras de papa. El software para el procesamiento de la información fue desarrollado por INIA en Visual Basic 6.0, utilizando MySQL 5.0.22 como motor de base de datos y Cold Fusion MX7 para acceder a ellas desde Internet. El modelo utilizado para determinar las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad es BLITECAST, el cual había sido validado y calibrado en la zona, presentando la mejor capacidad de predicción entre los modelos evaluados (Acuña et al., 2007)

La red está compuesta por siete Estaciones Meteorológicas Automáticas establecidas en las Regiones de La Araucanía y Los Lagos. Estas registran datos meteorológicos en forma horaria los que se colectan diariamente en un servidor mediante telefonía móvil. Una vez colectados los datos, se verifica la consistencia y coherencia de los mismos, y luego se aplica el modelo Blitecast para generar la información de alerta de la red, la que es publicada en el sitio www.inia.cl/remehue/tizon, según diferentes fechas de emergencia pre-determinadas. Al ser publicados los datos en Internet, los usuarios registrados en el sitio pueden acceder a la información y recomendaciones dadas por el modelo. La información es presentada de forma que el usuario elige la Estación Meteorológica más cercana al lugar donde está su cultivo.

La implementación de una plataforma de información para tizón tardío basada en el conocimiento de las características de las poblaciones de *P. infestans* en la zona, la susceptibilidad varietal de los cultivares, las condiciones favorables para la enfermedad de acuerdo a la red de alerta temprana y las recomendaciones de estrategias de manejo químico y cultural, permite que los productores de papa del sur de Chile tomen sus decisiones de control en forma oportuna con un criterio de manejo integrado.

References

1. Acuña, I., B. Sagredo, R. Bravo, M. Gutiérrez, I. Maldonado, N. Gaete, J. Inostroza, G. Secor, V. Rivera, J. Kalazich, J. Solano, and J. Rojas. 2007. Using a forecasting system to develop integrated pest management strategies for control of late blight in southern Chile. p: 237-249. In: Schepers, H. T. (Ed). Proceedings of the tenth Workshop of an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight. Bologne, Italy, 2 to 5 May 2007. PPO Special report N°12. 368 pp.

2. Acuña, I. y J. Rojas. 2006. Principales enfermedades del cultivo de papa. p: 115-132. En: Rojas, J. y Orenas S. (Ed.) Manual de producción de papa para la Agricultura Familiar Campesina (A.F.C.), Osorno, Chile. Boletín INIA N° 147.
3. Adler, N., G. Chacón, G. Forbes, and W. Flier. 2002. *Phytophthora infestans* sensu lato in South America population subtracting through host specificity. In: Late Blight: managing the global threat. Proceeding of the Global Initiative on late Blight Conference. July 11-13. Hamburg, Germany.
4. Agrios, G.N. 2006. Plant Pathology. Fourth Edition. Academic Press. San Diego, Ca. USA. 922pp.
5. Anónimo. 1951. Notas Fitopatológicas-I. Agricultura técnica: 10 (2): 86.
6. CIP. 2007. Laboratory manual for *P. infestans* work at CIP.
7. Crissman, L., and C. Lizárraga. 1999. Late Blight: a treat to global food security. Vol I. Proceeding of the Global Initiative on Late Blight Conference. March 16-19. Quito, Ecuador. 157pp.
8. Dacom Plant Plus. 2003. Plant Plus Manual. Using Plant-Plus on the internet. <http://www.plant-net.com/ppo.htm>.
9. Deahl, K.; D.Inglis, and S. De Muth. 1993. Testing for resistance to metalaxyl in *Phytophthora infestans* isolates from Northwestern Washington. American Potato Journal 70:779-795.
10. Dorrance, A.E.; D.A. Inglis; M.L. Derie; C.R. Brown; S.B. Goodwin; W.E. Fry, and K.L. Deahl. 1999. Characterization of *Phytophthora infestans* populations in Western Washington. Plant Dis. 83:423-428.
11. FAO. 2008. International Year of the potato. Potato World: Latin America. <http://www.potato2008.org/en/world/latinamerica.html>.
12. Fry, W., and S. Goodwin. 1997. Re-emergence of potato and tomato Late Blight in the United States. Plant Disease 81:1349-1357.
13. Garlick, J.M; A.J. Khodabakhsh, and R.G. Josephber. 2002. Acute postoperative endophthalmitis caused by *Actinomyces neuui*, Am. J. Ophthalmol.133 145-147.
14. Hansen J.G., B. Anderson, and A. Hermansen. 1995. NEGFRY- A system for scheduling chemical control of late blight in potato. In. *Phytophthora infestans* 150: European Association for Potato Research (EAPR). L.J. Dowley et al. (Eds.) Boole Press, Ltd. Dublin, pp 201-208.
15. Krause, R.A.; L.B. Massie, and A. Hyre. 1975. Blitecast: a computerized forecast of potato late blight. Plant Disease Report 59:95-98.
16. Lees, A.K.; Wattier, R.; Shaw, D.S.; Sullivan, L.; Williams, N.A., and D.E.L. Cooke. 2006. Novel microsatellite markers for the analysis of *Phytophthora infestans* populations. Plant Pathology 55:311-319
17. Riveros, F.B., R. Sotomayor, V. Rivera, G. Secor y B. Espinoza. 2003. Resistencia de *Phytophthora infestans* (Montagne) de Bary a metalaxil en cultivo de papas en el norte de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 63:117-124.
18. Rojas, J. y S. Orenas (Eds). 2006. Manual de producción de papa para la agricultura familiar campesina (A.F.C.). Osorno, Chile. Boletín INIA N° 147. 172 pp.
19. Secor, G.A. 2003. Estrategias de manejo integrado de Tizón tardío. En: Seminario "Manejo Integrado de Enfermedades en el Cultivo de la Papa" 3 de April 2003. INIA-Carillanca. Temuco.
20. Stevenson, W.; R Loria; G. Franc, and D. Weingartner. 2001. Compendium of Potato Diseases. Second Edition. APS Press. St. Paul Minnesota. USA. 106pp.

The continuing battle for late blight resistant potato cultivars

G. Secor, V. Rivera-Varas, A. Thompson¹, and J. Rodriguez.

Department of Plant Pathology and Department of Plant Sciences¹, North Dakota State University, Fargo, ND USA. gary.secor@ndsu.edu

Late blight (tizón tardío) continues to be the most important disease of potatoes worldwide. It is associated with cultivated potatoes in every area in which they are grown, where it often is a major limiting factor to potato production. Late blight is caused by an algae-like Chromista organism *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, with a host range restricted to solanaceous plants. Late blight gained prominence during the disastrous Irish Potato Famine (1845-1849) and European Continental Famine (1845-1847) (Zadoks, 2008). It continues to be a challenge to control today, as it was 160 years ago, especially in underdeveloped, tropical, and rural areas.

Control of late blight is by elimination of primary inoculum, timely fungicide application and the use of resistant cultivars. Because of the genetic complexity of the host: pathogen interaction and the plasticity of the pathogen genome, stable resistance has been difficult to introgress by traditional breeding.

Phytophthora infestans is a highly adaptive pathogen that quickly develops new genotypes with resistance to host R-genes and other characters such as resistance to metalaxyl. Eleven genes for resistance (R genes) to late blight have been identified in *Solanum demissum*, and a corresponding 11 avirulence genes (Avr genes) have been identified in *P. infestans* to overcome the resistance (Wastie, 1991). Most of the recent studies document the role of sexual reproduction for development of new genotypes, but new genotypes of *P. infestans* may also arise through asexual reproduction (Abu-El Samen *et al*, 2003). New biotypes have arisen in the last decade making the control more difficult (Fry and Goodwin, 1997). *P. infestans* is heterothallic, with two mating types, A1 and A2. The A1 type has been predominant worldwide, and the A2 type was reported only in Mexico until the late 1980's (Goodwin *et al*, 1998). At the end of the 20th century

Phytophthora infestans migrated from Mexico, increasing the genetic diversity of populations of this pathogen in most continents. The new genotypes were detected in Europe, in South America, Africa, Asia and finally, the USA and Canada (Fry, 2008). The A2 mating type has become predominant and considered more aggressive, and led to more diversity, presumably due to migration and recombination (Fry and Goodwin, 1997, Goodwin, *et al*, 1998). In general, Europe has a sexually breeding population, with new genotypes of *P. infestans* arising annually, because both A1 and A2 mating types and oospores are found there. The US has a clonal population, with stable genotypes, and even though both mating types occur, oospores have not found. In South America, both the A1 and A2 mating types have been reported in Argentina and Ecuador (Adler, *et al*, 2002), and Brazil (Adler *et al*, 2002, Reis *et al*, 2003). The populations in Peru (Perez *et al*, 2001), Colombia (Forbes, *et al*, 1998) and Chile (Riveros, 2003, Acuña, *et al*, 2007) are all of the A1 mating type. Only the A2 mating type has been reported in Uruguay

(Nustez, 1999) and Bolivia (Adler *et al*, 2003, Forbes *et al*, 1998). Mexico has a mixture of both mating types in most production areas (Forbes *et al*, 1998) and is considered the source of diversity in the *P. infestans* genome.

Most potato breeding programs actively breed for resistance to late blight utilizing both vertical and horizontal gene deployment. A potato cultivar resistant to late blight is desirable because it slows disease progress, extends the spray interval, and reduces fungicide costs, thus increasing potential profits to the producer. European potato breeding programs have been breeding for late blight resistant cultivars for many years. In a 1998 study of 118 potato cultivars released from the Netherlands, 5 had foliar resistance, 75 had tuber resistance, 15 had resistance to both, and 23 had resistance to neither (Secor and Gudmestad, 1998). In the US, some cultivars have been released that are resistant to the US1 genotype prevalent prior to 1995, but only a few cultivars in the US are resistant to the new US8 genotype which has dominated the US *P. infestans* population since then. The International Potato Center (CIP) has led a global initiative for late blight resistance concentrating on multigenic, durable resistance. This program has contributed to the release of approximately 60 cultivars with horizontal resistance to late blight in 22 countries (CIP, 2004).

Despite our collective worldwide efforts to control late blight by developing resistant cultivars, breeding for resistance against late blight has not been very successful (Struik, 2008). Few commercially acceptable cultivars are widely grown with durable resistance. The *P. infestans* genome can easily change and overcome resistance, especially R gene resistance. Two examples illustrate this point.

When new genotypes arrived in the US from Mexico in the late 1980's, a new A2 genotype, US8, became dominant and displaced the old US1 genotype, which was mating type A1. US8 continues to be the dominant genotype because the US has a clonal population, and none of the US potato cultivars were resistant to this US8 genotype. Analysis of US8 isolates showed that it contains a broad range of multiple virulence genes compared to the old US1 genotypes (Pasche *et al*, 1998). This point out the necessity for breeding programs to determine the virulence gene composition of *P. infestans* isolates, and to choose isolates with multiple virulence genes for screening.

In the 1970's both *P. infestans* mating types, A1 and A2, were introduced into Europe. In contrast to the US, oospores are present in Europe resulting in a sexual breeding population of *P. infestans* with new genotypes arising every year. Breeding for resistance has been more successful there because the genotypes, and presumably the virulence gene composition, are more variable. Beginning in 2005 there was an increase of the A2 genotype in *P. infestans* populations in Great Britain and other European countries. This increase "is explained by the dramatic spread of a single A2 genotype" (British Crop Protection Council, 2007) designated as Blue 13. This new genotype has displaced the prevailing genotypes (Cooke *et al*, 2007), similar to what happened in the US by the US8 genotype in the mid-1990's. This shift has implications for stability of resistance to late blight in European potato programs, and may reduce the number of late blight resistant cultivars.

However, because researchers and scientists are always hopeful, we continue to search for new ways to develop early maturing potato cultivars with stable resistance to late blight. New ideas and new strategies for breeding resistant cultivars and germplasm are constantly being improvised and tested. Examples include:

Potatoes from the USDA-ARS breeding programs have been screened for resistance to late blight in the Toluca Valley of Mexico for many years as part of PICTIPAPA

program. One selection from this program, A90586-11, has non-race specific, durable resistance in both the foliage and the tubers and was released as the cultivar Defender (Novy *et al.*, 2006).

A selection from the Chilean breeding program, R89063-84, has shown excellent resistance to late blight in greenhouse and field trials in both Chile and the US for several years. This may be a new source of resistance since it is resistant to a mixture of US8 isolates containing all known Avr genes. Characterization of this resistance is being investigated at the Potato Research Center at INIA Remehue in Chile using molecular techniques to determine the novelty of the resistance.

Researchers at Wageningen University in the Netherlands have identified a gene, pi3.4, that may be responsible for the “plasticity” of *P. infestans* that allows it to respond quickly to overcome R gene resistance in the host.

Another research group at Wageningen University has designed a strategy to develop broad spectrum resistance. The process involves screening for effector proteins produced by the Avr genes of *P. infestans* and using this information to find new resistance genes in wild species. Combining several of these genes may lead to sustainable resistance.

Our breeding program at NDSU uses a combination of breeding techniques to develop resistance to late blight. We have established a dedicated crossing block of parents from many countries with resistance to late blight. We use this crossing block to produce families of seedlings and test 100 progeny selected at random for resistance to a mixture of *P. infestans* containing all 11 Avr genes, using a detached leaflet assay. Seedlings from families with high levels of resistance are planted and selected heavily for commercially acceptable traits. Selected progeny are field tested in replicated trials for resistance to *P. infestans*. There is a good correlation between the detached leaf assay scores and the AUDPC in field trials for late blight ($R^2 = 0.57$). This scheme is being used to accelerate production of commercially acceptable cultivars with late blight resistance.

Potatoes cultivars susceptible to late blight have been genetically modified for resistance to *P. infestans* using the cloned RB gene for resistance to *P. infestans* identified in the wild species *Solanum bulbocastanum* (Song *et al.*, 2003). The resistance in these transgenic potatoes appears to be stable and non-race specific. The genetically modified selections are not accepted broadly due to their transgenic structure, but cisgenic transformation may hasten public acceptance. Several potato breeders in the US are using transgenic lines and/or progeny in traditional crossing programs in order to introgress the RB gene. This may be more globally acceptable and hasten development of resistant cultivars.

The battle for late blight resistance in potatoes will continue to be a high priority for all breeding programs and will provide job security to plant pathologists and potato breeders for many years.

References

- Abu-El Samen, FM, GA Secor and NC Gudmestad. 2003. Variability in virulence among asexual progenies of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 93:293-304.
- Acuña, I, B Sagredo, R Bravo, M Gutierrez, I Maldonado, N Gaete, J Inostroza, G Secor, V Rivera, J Kalazich, J Solano and J Rojas. 2007. Using a forecasting system to develop integrated pest management strategies for control of late blight in southern Chile. *Proc. 10th Eur. Net. Develop. Integ. Control Potato Late Blight* 12:237-249. HTAM Schepers, Ed.
- Adler, N, G Chacon, G Forbes, and W Flier. 2002. *Phytophthora infestans* sensu lato in South America population substructuring through host-specificity. *Proc. Global Initiative on Late*

- Blight Conf. July 11-13, Hamburg, Germany. Pp 13-17. Centro Internacional de la Papa. 2004. Annual Report. CIP, Lima, Peru.
- Cooke, DEL, AK Lees, DS Shaw, M Taylor, MWC Prentice, NJ Bradshaw, and RA Bain. Survey of GB blight populations. 2007. Proc. 10th Eur. Net. Develop. Integ. Control Potato Late Blight 12:145-151. HTAM Schepers, Ed.
- Forbes GA, SB Goodwin, A Drenth, P Oyarzun, ME Ordonez and WE Fry. 1998. A global marker database for *Phytophthora infestans*. Plant Dis. 82:811-818.
- Fry. W. 2008. *Phytophthora infestans*: the plant (and R gene) destroyer. Mol. Plant Pathol. 9:385-402.
- Fry, WE and SB Goodwin. 1997. Re-emergence of potato and tomato late blight in the United States. Plant Dis. 81:1349-1357.
- Goodwin, SB, CD Smart, RW Sandroock, KL Deahl, ZK Punja and WE Fry. 1998. Genetic change within populations of *Phytophthora infestans* in the United States and Canada during 1994 to 1996: role of migration and recombination. *Phytopathology* 88: 939-949.
- Novy, RG, SL Love, DL Corsini, JJ Pavek, JL Whitworth, AR Mosley, SR James, DC Hane, CC Shock, KA Rykbost, CR Brown, RE Thornton, NR Knowles, MJ Pavek, N Olsen, and DA Inglis. 2006. Defender: A high-yielding, processing potato cultivar with foliar and tuber resistance to late blight. Am. J. Potato Res. 83:9-19.
- Núñez CE 1999. The current status of late blight in Latin America. Proceedings of the Global Initiative on Late Blight Conference, March 16-19, Quito, Ecuador 1: 29-33.
- Perez WG, JS Gamboa, YV Falcon, M Coca, RM Raymundo and RJ Nelson. 2001. Genetic structure of Peruvian populations of *Phytophthora infestans*. *Phytopathology* 91:956-965.
- Pasche, JS, VV Rivera, GA Secor and NC Gudmestad. 1998. Race structure within genotypes of *Phytophthora infestans* and the USA. Proc. Inter. Congress Plant Pathol. 2:2.2.29.
- Reis, A, CD Smart, WE Fry, LA Maffia and ES Mizubuti. 2003. Characterization of Isolates of *Phytophthora infestans* from Southern and Southeastern Brazil from 1998 to 2000. Plant Disease. 87:896-900.
- Riveros, F.B., R. Sotomayor, V. Rivera, G. Secor y B. Espinoza. 2003. Resistencia de *Phytophthora infestans* (Montagne) de Bary a metalaxil en cultivo de papas en el norte de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)* 63:117-124.
- Secor, GA and NC Gudmestad. 1998. Managing fungal diseases of potato. Can. J. Plant Pathol, 21:213-221.
- Song, J, JM Bradeen, SK Naess, JA Raasch, SM Wielgus, GT Haberlach, J Liu, H Kuang, S Austen-Phillips, C R Buell, JP Helgeson and J Jiang. 2003. Gene RB cloned from *Solanum bulbocastanum* confers broad spectrum resistance to potato late blight. Proc. Nat. Acad. Sci. (USA) 100: 9128-9133.
- Stevenson, W.; R Loria; G. Franc and D. Weingartner. 2001. Compendium of Potato Diseases. Second Edition. APS Press. St. Paul Minnesota. USA. 106pp.
- Struik, PC. 2008. Preface to a special issue on late blight and genetic modification. Potato Res. 51:1-3.
- Wastie, RL. 1991. Breeding for resistance. In: D.S. Ingram and P.H. Williams, Editors, *Phytophthora infestans, the cause of late blight in potato, Advances in Plant Pathology*, Academic, London (1991), pp. 193-224.
- Zadoks, JC. 2008. The potato murrain on the European continent and the Revolution of 1848. Potato Res. 51:5-45.

**Historical and Current Population biology of
Phytophthora infestans: from the Andes to the Irish
Potato Famine**



A View from the Mycological Herbarium, Kew

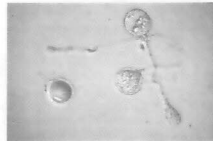
Jean Beagle Ristaino
Dept. of Plant Pathology
North Carolina State
University Raleigh, NC

**Re-emerging disease:
A constraint to production expansion worldwide**



Reproduction in *P. infestans*

Sporangia - asexual spore



Oospores- sexual spore

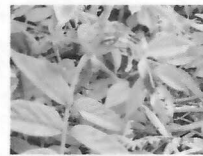
Long distance dispersal – scale
Aerially – 100's of meters, via sporangia
Movement of plant materials – globally

Images courtesy of Bill Fry and Richard Shattock

Sources of inoculum

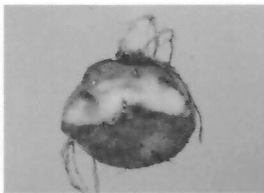


Aerial inoculum
-Infected plants in field
-Wild *Solanum* species
-Volunteer plants
-Cull piles



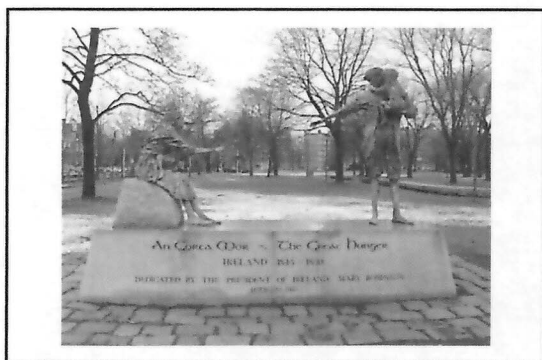
Sources of inoculum

Infected tubers and fruit



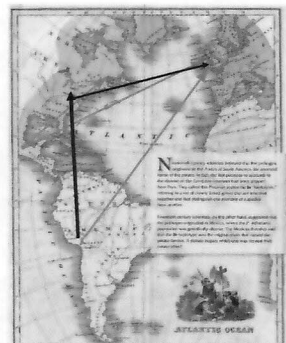
Historical Significance: The Irish Famine





Historic Global Migrations of *Phytophthora infestans*

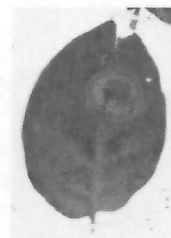
- It was proposed that the US-1 genotype (Ib haplotype) was the genotype that caused late blight epidemics in the 19th century in the US, Europe and Ireland and that this genotype originated in Mexico.
- This genotype has been called "the old genotype".
- Three migration theories



What mtDNA haplotype(s) caused the Irish potato famine? Where did it originate?

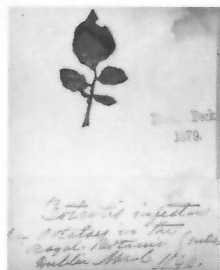
Why study herbarium specimens?

- Herbarium collections provide a "time capsule" of genetic information of extinct and extant organisms.
- Changes in genetic structure of "old" versus "new" populations can be studied.
- Disputes about taxonomy, nomenclature, phylogenetics, function and evolution of genes can be resolved.
- Studies of origins of populations and historical epidemics can be conducted.
- DNA can be deposited back into herbaria with reference specimens for future work and validation by others.



Oldest Irish potato sample infected with *P. infestans* from the Great famine

- National Fungus Collections, USDA,
- Royal Botanic Gardens, Kew, England
- International Mycological Institute, Egham England.
- Farlow Herbarium, Harvard University,
- National Botanic Gardens, Glasnevin, Dublin, IR.
- National Archives of Scotland
- Museum of Evolution, Botany Section, Univ. Uppsala, Sweden

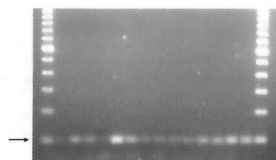


Development of a *P. infestans* specific PCR test

- 5.8 S rDNA and ITS DNA was sequenced from the 4 major genotypes.
- Sequences were aligned with other known *Phytophthora* sequences.
- Identified a *P. infestans* specific primer - PINF.
- Screened PINF/ITS5 against 15 major species of *Phytophthora* and other potato pathogens.
- Primers only amplify *P. infestans* on potato.
- Subsequently developed primer Herb1/ PINF - 100bp product

Amplified rDNA from 19th century
P. infestans - infected Herbarium Specimens

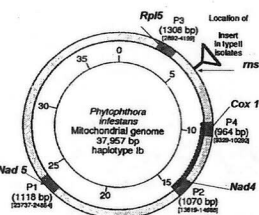
Herb1 + PINF, 100 bp



rDNA sequences obtained from PINF/HERB1
amplified PCR products from four modern and
twelve 19th century specimens

Mitochondrial genome of *Phytophthora infestans*

- Four haplotypes, Ia, Ib, IIa, IIb (Carter et al, Mycol. Res., 1990).
- PCR methods used to identify the 4 haplotypes (Griffith and Shaw, Appl. Env. Micro., 1998).
- A 2 kb insertion sequence separates type II from type I mtDNA haplotypes.

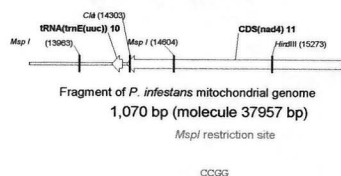


Identification of mtDNA haplotypes

- P4 F2/R3 - 188 bp - *Eco* R1 restriction site in Ia, Ib
- P3 F1/R1 - 195 bp - *Eco* R1 restriction site in Ia, Ib
- P2 F4/R4 - 167 bp - *Msp* I restriction site in Ib only
- P2 F5/R6 - 151 bp - *Msp* I restriction site in IIa only

	P4F2/R3 (<i>Eco</i> R1)	P3F1/R1 (<i>Eco</i> R1)	P2 F4/R4 (<i>Msp</i> I)	P2F5/R6 (<i>Msp</i> I)
Ia	+	+	-	-
Ib	+	+	+	-
IIa	-	-	-	+
IIb	-	-	-	-

mtDNA sequences obtained from the P2 region of
four modern isolates of *P. infestans*

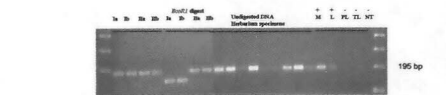


*Note the *Msp*I restriction site (CCGG) is only present in
mtDNA haplotype Ib and is absent in the other three haplotypes

mtDNA sequences obtained from the P2 region of four modern
isolates of *P. infestans* and ten herbarium specimens

Ristaino et al, 2001, Nature 41:695-697

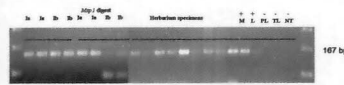
P3 Region (rpl5 gene) of *P. infestans* mitochondrial genome



Isolate	Haplotype	Sequence
189-1.1	1a	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA
18-84	1b	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA
94-52	11a	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA

Herbarium Specimens	Date	Sequence
France 872	1845	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA
Germany 1821	1873	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA
US 1821	1873	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA
US 1821	1873	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA
US 1821	1873	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA
US 1821	1873	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA
US 1821	1873	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA
US 1821	1873	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA
US 1821	1873	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA
US 1821	1873	TTACAGTTTTCGATTAAGGAGGATTTTAAATTTAAGATATACCTGATAGA

P2 region (Nad4 gene) of *P. infestans* mitochondrial genome



Isolate	Haplotype	Sequence
189-1.1	1a	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT
18-84	1b	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT
94-52	11a	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT

Herbarium Specimens	Date	Sequence
France 872	1845	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT
Germany 1821	1873	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT
US 1821	1873	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT
US 1821	1873	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT
US 1821	1873	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT
US 1821	1873	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT
US 1821	1873	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT
US 1821	1873	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT
US 1821	1873	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT
US 1821	1873	CTCCACAAACCTCTGACCTGGATAGCATATTTCTATACATAAATAATGCAAT

Central and South American haplotypes

Isolate	Year	Collector	Country	Host	ITS	rpl5	Cox1	Nad4	mtDNA
K 79	1889	R. A. Philippi	Chile	S. tuberosum	+	+	+	+	1a
BPI US0186908	1913	J. Vargas Vergara	Colombia	S. tuberosum	+	+	+	+	1a
PH 252	1929	W. H. Weston	Colombia	S. tuberosum	+	+	+	+	1a
BPI US0186816	1941	A. S. Muller	Guatemala	L. esculentum	+	-	+	+	1a
BPI US0186943	1942	A. S. Muller	Guatemala	S. tuberosum	+	+	+	+	1a
BPI US0186832	1942	J. A. Stevenson	Guatemala	Petunia hybrida	+	+	+	+	1a
BPI US0187022	1942	J. A. Stevenson	Costa Rica	S. tuberosum	+	+	+	+	1a
BPI US0186941	1944	M. Cardenas	Bolivia	S. tuberosum	+	+	+	+	1b
BPI US0186817	1947	J. A. Stevenson	Costa Rica	L. esculentum	+	+	+	+	1a
BPI US0186956	1954	M. O'Brien	Nicaragua	S. tuberosum	+	+	+	+	1a
BPI US0186953	1956	J. A. Stevenson	Nicaragua	S. tuberosum	+	+	+	+	1b
BPI US0186908	1967	F. D. Matthews	Ecuador	S. tuberosum	+	+	+	+	1b

Specimen label from type Ib Ecuador sample 1967

THE NATIONAL FUNGUS COLLECTION
Agricultural Research Service US0186908
United States Department of Agriculture
Phytophthora infestans (Mont.)
d By.
on Solanum tuberosa
ex Ecuador intercepted at Miami 46731
Coll. V. C. Withee Aug. 5, 1967
Det. F. D. Matthews Fide H. L. Rubin

Earliest record of Potato Late Blight is from Chile in 1889

R. A. Philippi sample – type 1a haplotype

Austin Bourke erroneously cited 1950's epidemics as first in Chile in his book "The Visitation of God: The Potato and the Great Irish Famine".

Rec'd 9/18/9. *Phytophthora infestans* (L.) de Bary
1960. *Phytophthora infestans* (L.) de Bary
1960. *Phytophthora infestans* (L.) de Bary
1960. *Phytophthora infestans* (L.) de Bary

On one from Philippi in Chile in seed collected from *Solanum* type in the botanic garden which all the other plants destroyed, 8, 1889 by P. Hennings.

Geographic region, year collected, number of specimens and number of positive PCR products obtained from nuclear ITS DNA and mitochondrial DNA genes

Geographic Region	Year Collected	Number of positive PCR products						
		Number of Specimens	Nuclear ITS DNA	Mitochondrial genes				Haplotype
			PINF/HERB-1	Rpl5 P3F1/P3R1	Cox1 P4F2/P4R3	Nad4 P2F4/P2R4		
Central and South America	1889-1969	18	16	11	12	12	1a, 1b, 11b	
North America	1855-1920	46	41	12	12	19	1a	
Northern Europe	1866-1905	11	11	3	4	4	1a	
Western Europe	1845-1982	52	47	12	9	18	1a	
Eastern Europe	1892-1978	7	7	4	4	4	1a	
United Kingdom	1845-1974	52	46	9	9	13	1a	
Total number (%)		186	168	51	50	70		

May and Ristaino, 2004, Mycol. Res. 108:171-179

Conclusions

- The Ia mtDNA haplotype was the predominant haplotype in historical specimens. Isolates with this haplotype were responsible for 19th century epidemics.
- The oldest known specimens infected with *P. infestans* from the 1840's in Ireland, England and France were infected with the Ia mtDNA haplotype.
- The oldest South American specimen from Chile in 1889 was infected with the Ia haplotype.
- Specimens from a wide geographic area in western, eastern and northern Europe, and Russia were also infected with the Ia mtDNA haplotype.
- The Ib mtDNA haplotype was identified in two specimens (Bolivia in 1944 and Ecuador in 1967).
- The putative US-1 "old genotype" (Ib haplotype) was not responsible for epidemics of potato late blight during the Irish potato famine.
- One sample from Nicaragua, collected in 1956 was identified as a type Ib haplotype. The Ia haplotype was also found in Nicaragua in the 1950's. Thus, the presence of multiple haplotypes outside of Mexico in the 1950's was confirmed.

Historic migrations



•The Ib mtDNA haplotype was identified in two specimens (Bolivia in 1944 and Ecuador in 1967).

•Since modern day isolates of *P. infestans* collected between 1950s-1970s were dominated by the Ib haplotype, this would suggest that another migration before 1950 may have occurred from South America, displacing the original Ia mtDNA haplotype in some areas. Could this have occurred with the movement of potato germplasm?

•Mexico was still a possible source of inoculum for 19th century epidemics of the pathogen since the Ia mtDNA haplotype is quite common there

•However, the Ia mtDNA haplotype also occurs in Peru and Ecuador, so the source of inoculum for the 19th century epidemics remained an open question

Where is the pathogen's center of origin?

"Out of South America" hypothesis.

•Where did the source of inoculum originate that caused the Irish Potato Famine?

•Where is the pathogen's center of origin?

•We used mtDNA and nuclear gene sequences to track migration patterns of the pathogen into the U.S. and Europe and determine the center of origin?



Luis Gomez-Alpizar

Gene genealogies

Isolates from collaborators

•Bolivia, Brazil, Ecuador, Costa Rica, Mexico, Peru United States, Ireland

Mitochondrial Genes

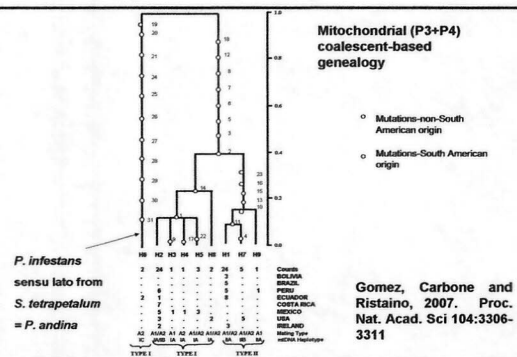
Cox 1, rpl5, rpl14, tRNA's

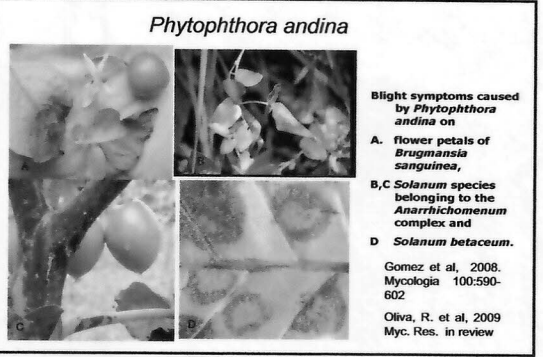
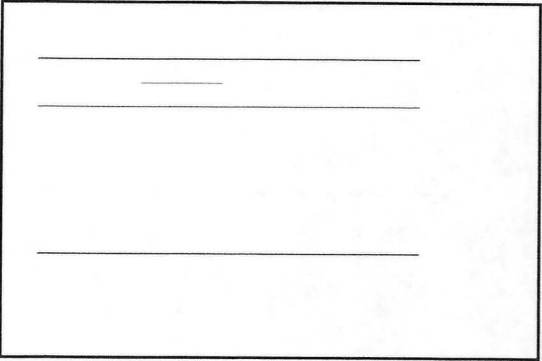
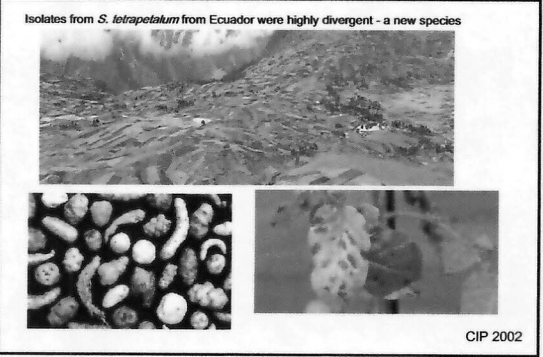
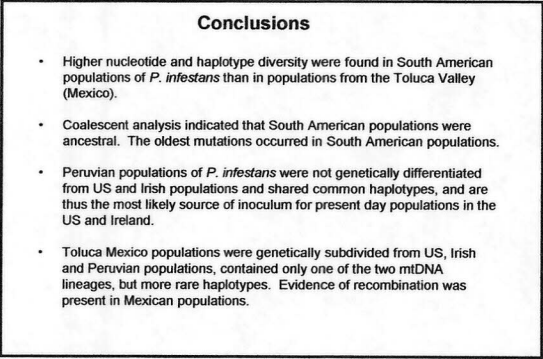
Nuclear genes

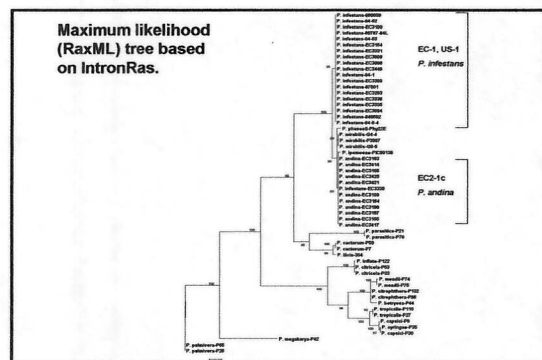
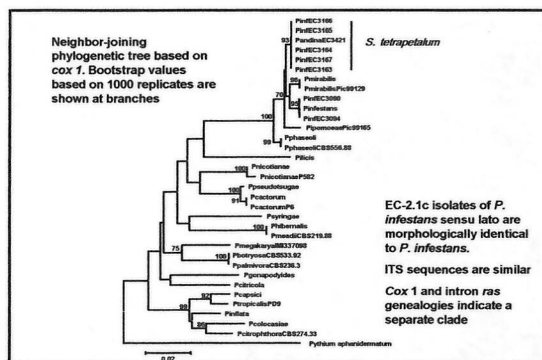
Ras, Ras intron, B tubulin

Coalescent Analysis

A branch of population genetics that estimates population parameters based on the distribution of allele coalescence, going back from a sample of alleles to their most recent common ancestor



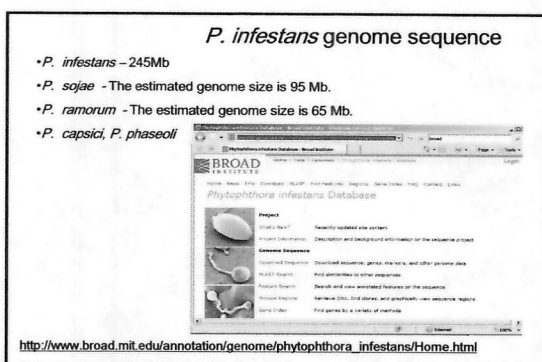
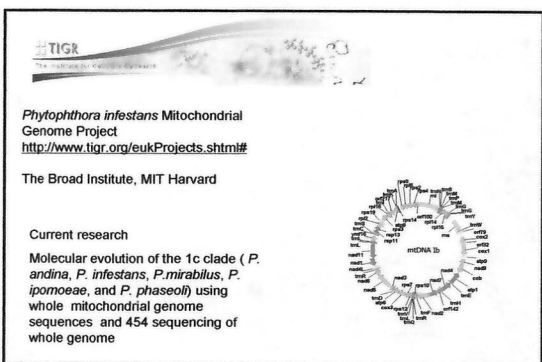
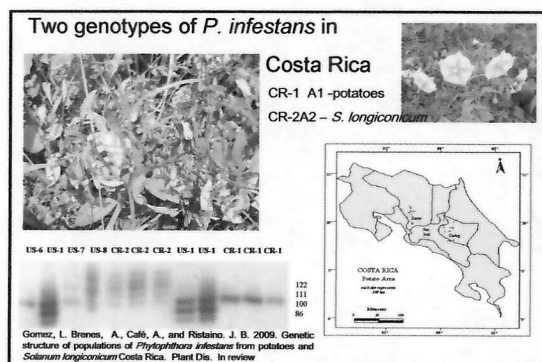




Heterozygous and homozygous sites within the 223-bp of Ras intron 1 region of isolates of *P. infestans*, *P. infestans* sensu lato from *S. tetrapetatum* from Ecuador and *P. mirabilis*.

	Site*											
	5	5	5	5	5	6	6	6	7	7	7	7
	1	5	8	9	9	0	1	8	0	1	8	0
	9	1	9	3	8	3	0	8	6	6	6	6
<i>P. infestans</i>	G	C	C	A	A	A	A	C	G			
<i>P. andina</i>	G/A	C/T	A/C	A/G	A/C	A/C	A/G	C/T	G/A			
<i>P. mirabilis</i>	G	T	A	G	C	C	G	C	G			
<i>P. ipomoeae</i>	G	T	A	G	C	C	G	T	G			

*Numbering is that of GenBank accession No U30474 (Chen & Roxby 1996).



EUCABLIGHT Expansion to North and South America www.Eucabligh.org

(pending NSF grant with David Cooke)

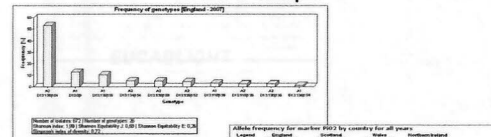
The Central and South American regions include 22 countries: Argentina, Bolivia, Brazil, Belize, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Falkland Islands, French Guiana, Guatemala, Guyana, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, Peru, Paraguay, Surinam, El Salvador, Uruguay and Venezuela.

Isolates to be typed for phenotype (mating type, metalaxyl sensitivity, aggressiveness, and virulence) in collaborator labs and genotyped in the Cooke and Ristaino labs (mitochondrial haplotypes, allozyme genotype, SSR markers and gene sequencing)

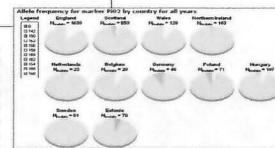
Training opportunities will be available at SCRI and NCSU via OMGN



Data from EUCABLIGHT in UK and Europe



An example of the output from the EUCABLIGHT Graphic and A) D13 allele combinations for 672 isolates from England in 2007. The dominance of a single new A2 lineage with the 136/154 alleles at D13 is clear; and B) the frequencies of the alleles of SSR marker P02 in a series of 11 EU countries



Opportunities for further collaborations with South American countries

- Extend EUCABLIGHT database system into South America. Email Jean_ristaino@ncsu.edu if interested in participating
- Genotype more populations of *P. infestans* in other areas of South America
- Examine evolution of *Phytophthora species* on wild *Solanum* sp. (*P. andina*).

Late blight remains a devastating disease in the Americas



Acknowledgments

People

- Luis Gomez, Graduate Research Assistant, NCSU, (now Assistant professor Univ. Costa Rica)
- Cruz Avila-Adame, Bo Liu, Julia Hu, Postdoctoral Associates, NCSU
- Robin Buell, Matt Campbell, The Institute for Genomics Research (now Michigan State and Pioneer Seed).
- Ignazio Carbone, NC State University
- Chad Nusbaum and Mike Zody, Broad Institute, MIT.
- Bruce Fitt, Rothamsted Research Center
- Liyun Guo, Chinese Agricultural University
- Isolates provided by Enrique Fernandez-Northcote (Bolivia), Eduardo Mitubuti (Brazil), Greg Forbes (Peru, Ecuador), Nik Grunwald (PITIPAPA-Mexico), Louise Cooke (Ireland), US (Bill Fry).

Funding

- USDA, NRI, Plant Microbe Associations, 2001, 2005
- USDA/NSF Microbial Genome Sequencing, 2005.
- Fulbright Scholars program



Department of Plant Pathology
College of Agriculture and Life Sciences



J. Ristaino's laboratory website

<http://www.cals.ncsu.edu/plantpath/people/faculty/ristaino/>

MANEJO INTEGRADO DEL TIZÓN TARDÍO DE LA PAPA Y USO DE PRONOSTICADORES EN CHILE

I. Acuña, B. Sagredo, R. Bravo y M. Gutiérrez

Congreso ALF-SOCHIFFT, 12 al 17 de Enero 2009

Situación de Tizón Tardío en Chile

• Primer reporte escrito: en 1950, (tubérculos desde Argentina)

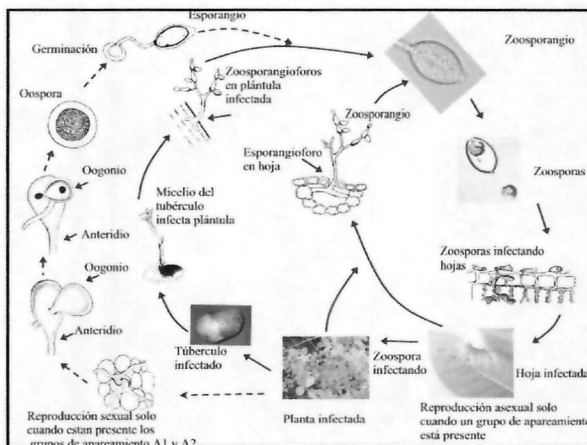
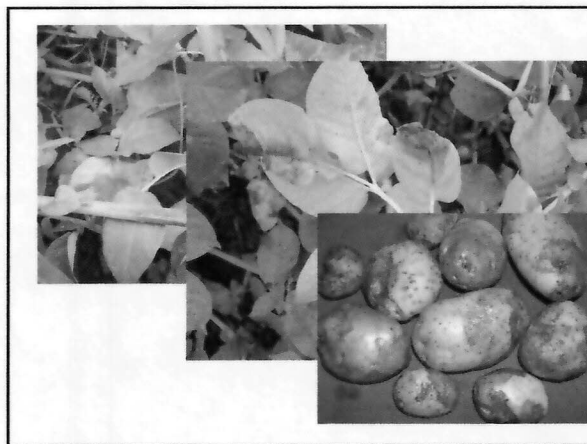
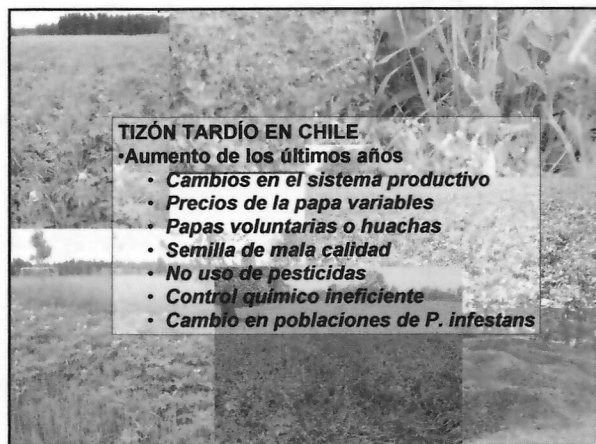
• Desde el sur se expandió a la zona central y norte, afectando las principales zonas paperas

• Corahila principal cultivar producida, desaparece

• Introducción de nuevos cultivares

• La incidencia y severidad son variables año a año en la zona sur

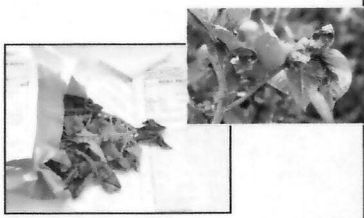
• Últimos años: Cambios en los sistemas de producción



Recolección de muestras

1. Las temporadas 2003-04 y 2004-05 se colectaron 99 y 151 aislamientos respectivamente.

2. Nueva colección temporada 2006-07 y 2007-08, con 50 y 120 aislamientos respectivamente.

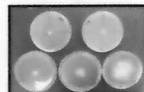


Caracterización de *P. infestans*

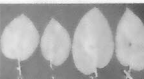
Grupos de apareamiento



Resistencia a Metalaxil



Virulencia



Isoenzimas

GPI → Monomórficos

3 2 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

PEP → Tres genotipos

24 30 36 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69

Homocigotos

Allelo

Heterocigoto

Polimorfismos de DNA

Pf02

200bp

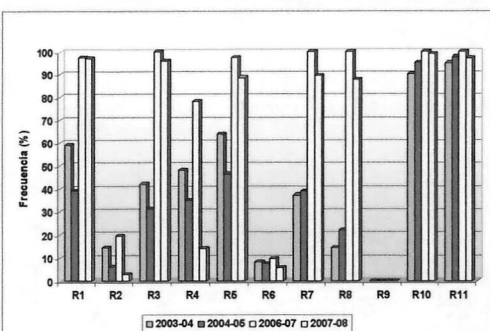
100bp

3 2 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

3 2 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

Haplotipos mitocondriales

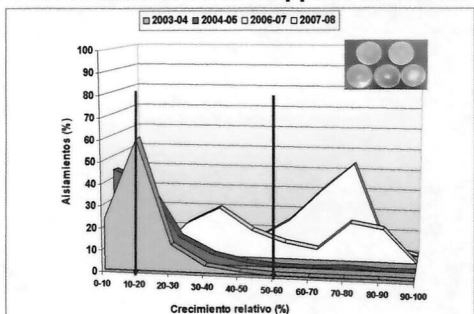
Frecuencia de genes Avr presentes en la población de *P. infestans* de la zona sur de Chile



Complejidad de los patotipos de *P. infestans* en las poblaciones de la zona sur de Chile

Genes por aislamiento (Unidades)	Cantidad de aislamientos (%)			
	2003-04	2004-05	2006-07	2007-08
1	4	0	0	0
2	14	23	0	0
3	8	13	0	4
4	17	21	0	2
5	25	16	0	3
6	13	18	2	13
7	5	6	22	63
8	11	2	51	13
9	2	2	20	1
10	0	0	5	1
11	0	0	0	0

Crecimiento relativo de *P. infestans* de colecciones de diferentes temporadas, en presencia de concentraciones de 10 ppm de Metalaxil



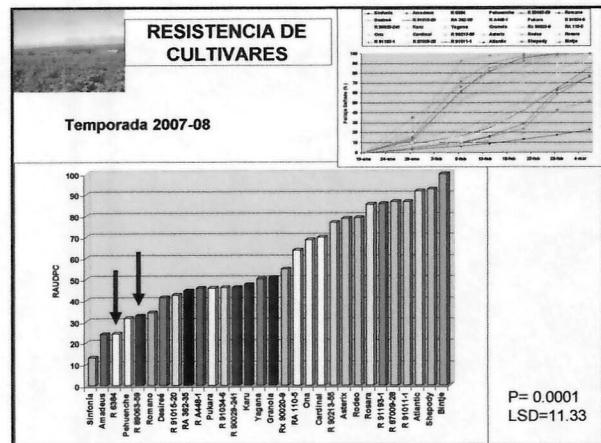
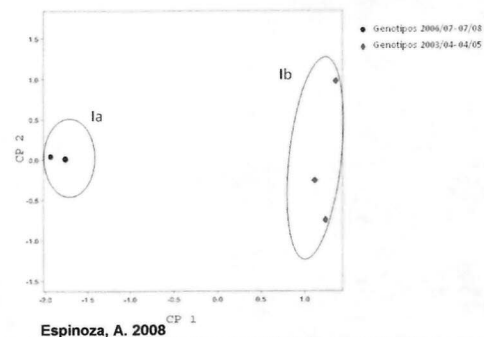
Escala CIP, 2007. S:<10%, MR: 10-60%, R:>60%

Frecuencia de genes Avr en poblaciones de *P. infestans* de colecciones de las temporadas 2003 a la 2008

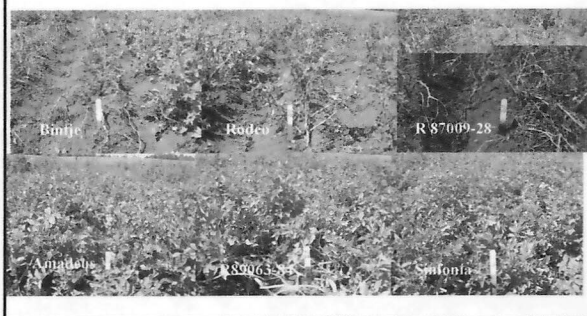
Ge	Gpl	Pep	PIB2	PIB6	PIB7	PIB8	PIB3	PIB5	PIB6	PIB4	Temporada			
											Frecuencia de genotipos			
											2003/04	2004/05	2006/07	
Dix											n=136	n=135	n=136	
1	85/100	78/100	181/181	172/170	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	0	74%	71%	0%
2	85/100	78/100	181/157	172/170	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	1	17%	4%	0%
4	85/100	78/100	181/181	173/171	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	1	3%	3%	0%
5	85/100	78/100	181/181	170/168	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	1	2%	0%	0%
6	85/100	78/100	181/181	172/170	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	1	1%	0%	0%
7	85/100	100/100	181/181	172/170	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	1	1%	1%	0%
8	85/100	78/100	P.C.	172/170	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	2	1%	2%	0%
9	85/100	78/100	182/158	173/171	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	4	0%	1%	0%
10	85/100	78/100	P.C.	173/171	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	4	0%	1%	0%
11	85/100	78/100	182/158	173/171	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	3	0%	2%	0%
12	85/100	78/100	182/158	172/170	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	2	0%	2%	0%
13	85/100	78/100	182/158	172/170	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	2	0%	0%	0%
14	85/100	78/100	182/182	173/171	191/184	171/174	283/283	178/178	155/152	172/183	4	0%	0%	0%
15	100/100	82/111	183/150	183/172	191/184	181/178	283/283	178/178	155/152	172/183	10	0%	1%	87%
16	100/100	82/111	183/150	183/172	191/184	181/178	283/283	178/178	155/152	172/183	9	0%	0%	3%

Sagredo, B. 2007

Análisis de disimilaridad entre genotipos basado en un plano de Coordenadas según análisis mtDNA de *P. infestans* e la zona sur de Chile



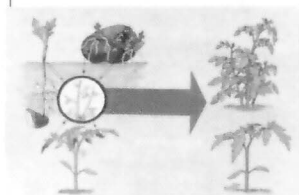
Temporada 2007-08



MANEJO INTEGRADO, uso de todos los métodos disponibles para el control de una enfermedad, para obtener los mejores resultados, pero al menor costo y menor daño del ambiente.



¿Cuándo aplicar ?



<http://www.inia.cl/remehue/tizon>

Pronosticadores de Tizón Tardío

- Modelos que usan datos de tiempo para predecir las condiciones favorables para la infección de Tizón.
- Basados en el modelo Blitecast de Penn State University (1975)
- Se han desarrollado programas computacionales para usar una combinación de estos modelos para predecir la ocurrencia de Tizón Tardío, recomendar la primera aplicación y la frecuencia de uso de fungicida

Relación de períodos de temperatura y humedad relativa (RH) para el sistema de pronóstico de Wallin

Rango de temperatura promedio (C°)	Número de horas en que la Humedad Relativa es igual o mayor a 90%				
7.2-11.6	15	16-18	19-21	22-24	25+
11.7-15.0	12	13-15	16-18	19-21	22+
15.1-26.6	9	10-12	13-15	16-18	19+
Grados de severidad	0	1	2	3	4

Primera aplicación cuando se acumulan 18 GS

(Wallin, J., 1951)

Relación de grados de severidad y días con lluvia favorables para recomendaciones de aplicación de fungicidas con Blitecast

Días con lluvias favorables durante los últimos 7 días	Grados de severidad los últimos 7 días					
	<3	3	4	5	6	>6
Mensaje numérico						
<5	-1	-1	0	1	1	2
>4	-1	0	1	2	2	2

Significado del mensaje numérico:

-1 = No aplicar (verde).

0 = Alerta de tizón (aplicar o revisar condiciones en 2 o 3 días) (amarilla).

1 = Aplicar cada 7 días (naranja).

2 = Aplicar cada 5 días (roja)

(Krause et al, 1975)

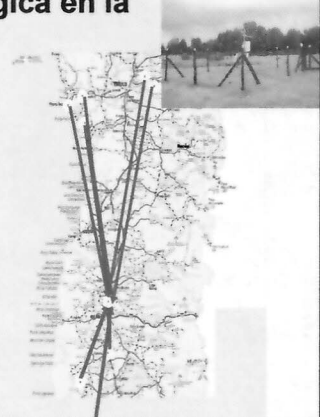
Red Meteorológica en la IX y X región

IX Región

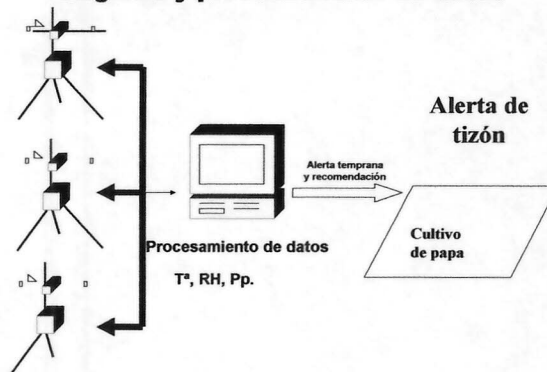
- Carahue
- Puerto Saavedra
- Teodoro Schmidt
- Pillanlelun
- Vilcún

X región

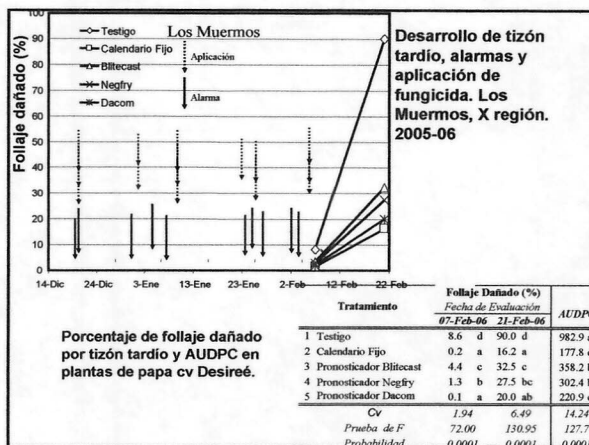
- Rapaco
- Osorno
- Purranque
- Los Muermos
- Castro

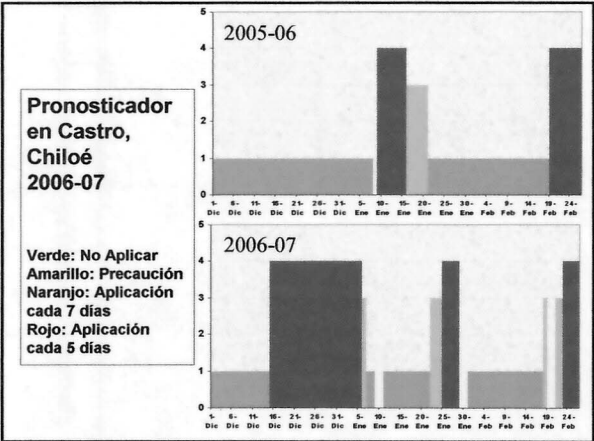


Registro y procesamiento de datos



Tratamiento		Observaciones	Datos (°C-ha)
1	Sin Aplicación	Aplicar agua	
2	Aplicación a calendario fijo		
a.	Mancozeb	Preventiva a los 60 días post plantación. Si hay presencia de Tizón tardío en el sector aplicar antes igualmente aplicar si la entre hileras se va ha cerrar antes de 60 días.	2.0 K
b.	Bravo	Aplicar 10 días después de la aplicación de Mancozeb y de ahí cada 10 días.	1.5 L
3	Pronosticador I. Blitecast		
a.	Mancozeb	Preventiva a los 60 días post plantación. Si hay presencia de Tizón tardío en el sector aplicar antes igualmente aplicar si la entre hileras se va ha cerrar antes de 60 días.	2.0 K
b.	Bravo	Aplicar cuando el pronosticador lo indique. Se avisara vía telefono o correo electrónico.	1.5 L
4	Pronosticador II. Negfly		
a.	Mancozeb	Preventiva a los 60 días post plantación. Si hay presencia de Tizón tardío en el sector aplicar antes igualmente aplicar si la entre hileras se va ha cerrar antes de 60 días.	2.0 K
b.	Bravo	Aplicar cuando el pronosticador lo indique. Se avisara vía telefono o correo electrónico.	1.5 L
5	Pronosticador III. Dacom		
a.	Mancozeb	Preventiva a los 60 días post plantación. Si hay presencia de Tizón tardío en el sector aplicar antes igualmente aplicar si la entre hileras se va ha cerrar antes de 60 días.	2.0 K
b.	Bravo	Aplicar cuando el pronosticador lo indique. Se avisara vía telefono o correo electrónico.	1.5 L





Tizón tardío en plantas de papa cv Yagana y Desiree bajo riego y secano con diferentes estrategias químicas

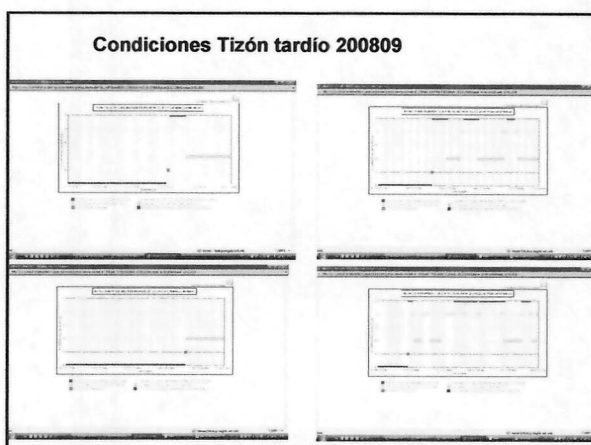
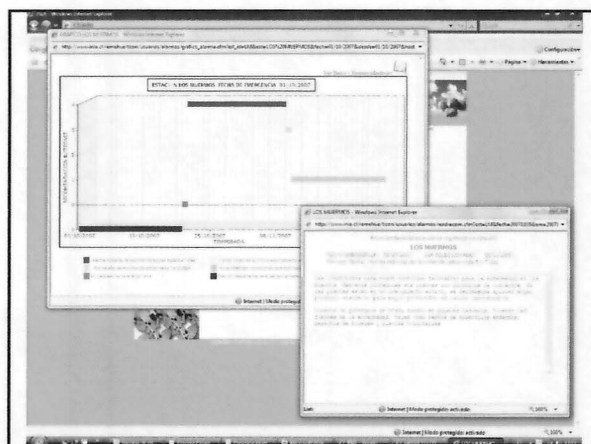
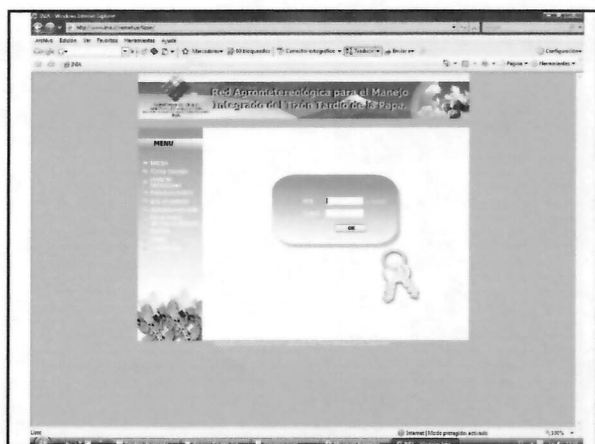
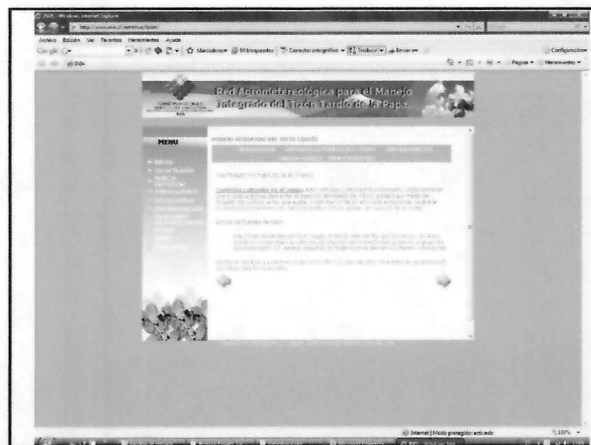
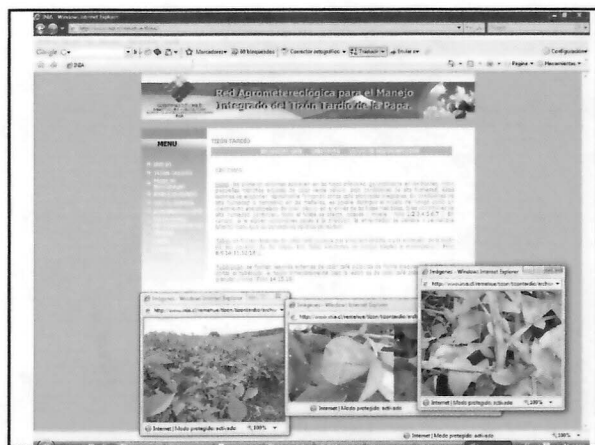
Daño tizón foliar (AUDPC)

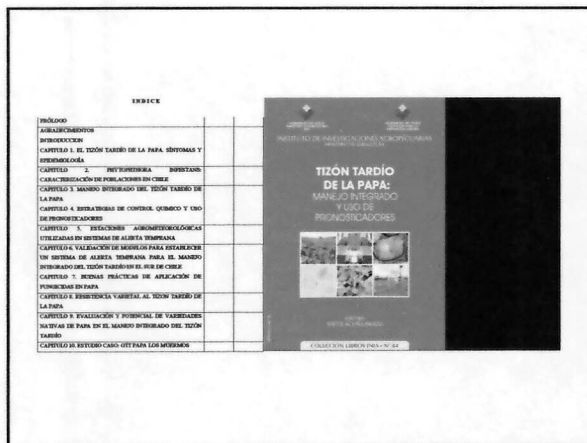
Yagana-riego Yagana-secano Desiree-riego Desiree-secano

Alarma secano Alarma riego CF Alarma secano CF Alarma riego CF Alarma secano

Yagana-riego: ANDEVA $p=0.0001$; LSD= 252.81, $p=0.05$. Yagana-secano: ANDEVA $p=0.0001$; LSD=144.96, $p=0.05$.
 Desiree-riego: ANDEVA $p=0.0001$; LSD= 256.59, $p=0.05$. Desiree-secano: ANDEVA $p=0.0001$; LSD= 160.38, $p=0.05$.

[illegible]





Conclusiones

- El desarrollo epidemiológico del Tizón tardío en la zona sur de Chile está mostrando cambios, con presencia de epifitias según condiciones ambientales de la temporada.
- Se han detectado cambios genéticos en las poblacionales de *P. infestans* en las últimas temporadas (Resistencia a metalaxil, complejidad de patotipos, patrones moleculares, haplotipos)
- ¿¿Introducción o re-emergencia?? ¿Cuál es la situación en el resto del país?

Conclusiones....

- Se describen diferencias en la susceptibilidad relativa de los cultivares de papa utilizados comercialmente y clones avanzados.
- Bajo las condiciones ambientales de cultivo de las temporadas 2003-04 a 2005-06, el modelo Blitecast predijo más exactamente la aparición de los primeros síntomas.
- Usando este modelo fue posible disminuir la cantidad de aplicaciones para el control en un 40% y 15% para cultivos de secano y riego, respectivamente, con cultivares susceptibles
- Sistema de alerta temprana: Herramienta de apoyo a la toma de decisiones.

Trabajo futuro

- Monitoreo y caracterización de *P. infestans* a nivel nacional
- Estudios de epidemiología de tizón tardío que apoyen el manejo integrado (papas nativas, solanum silvestres, hospederos alternantes, fuentes de inóculo...
- Ampliación de la red de alerta a zonas productoras de papa del país
- Mejorar el sistema de alerta y estrategias de manejo químico según resistencia varietal
- Ampliar sistema de alerta a otras enfermedades.

¡Muchas Gracias!

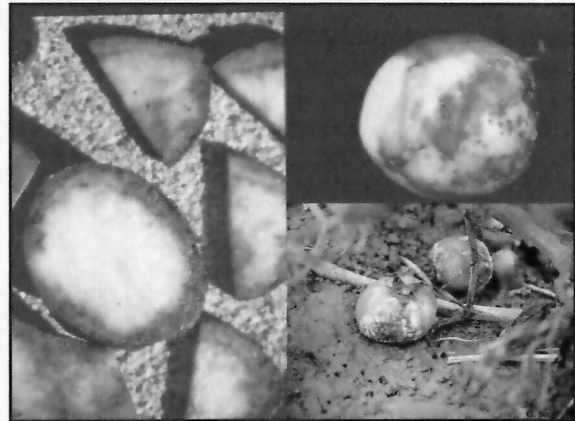
The continuing battle for late blight resistant potato cultivars

Gary Secor
Plant Pathology Department
North Dakota State University
Fargo, ND, USA

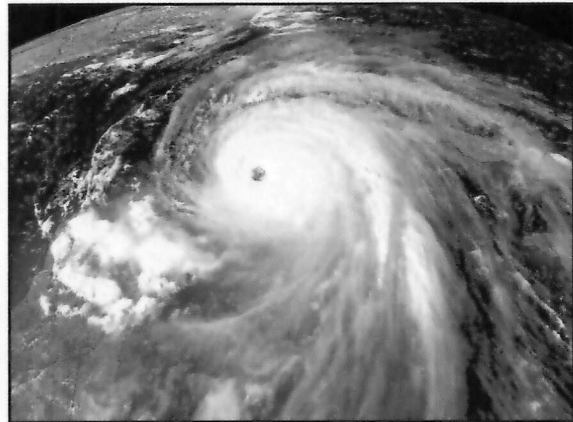
- Late blight continues to be the most important disease of potatoes worldwide and has been for more than 150 years
 - Irish potato famine 1845-1849
 - European continental potato famine 1845-1847
- Economically important particularly for *Solanum tuberosum*, the cultivated potato
 - Cultivated worldwide
 - Fourth most important food crop worldwide
 - Management cost over three billion US\$
 - Management difficult in underdeveloped, tropical and rural areas

- *Phytophthora infestans* (Pi), is the cause of late blight
- Pi is an Oomycete, that physically resembles fungi, but is closely related to brown algae
- Probably developed with *Solanum* species in the center of origin:
- Two centers:
 - High Andes of Peru
 - Island of Chiloe in south Chile
- Recent evidence shows lineage of domesticated potatoes arose primarily in Chiloe (Spooner et al, 2008)

- Host range of 15 genera in 10 families (Erwin and Robiero)
- Late blight primarily affects many members of the Solanaceae family including
 - Potato, tomato, Petunia, nightshade weeds, eggplant, pear tomato, tree tomato
- Most important to potato and tomato
- Affects all parts of potato plant



- Late blight always has the potential to develop widespread, destructive epidemics because of the fast polycyclic nature of the disease
 - Favored by cool, wet weather
 - It can move long distance in storm fronts



Late blight management is by

- **Sanitation;** preventing initial inoculum and disease in the field
- Only survives in living host; when host dies, Pi dies
 - **Exception:** Oospores in the soil; Important in Europe, not in US; Latin America ??
- Consequently primary sources of inoculum are:
 - **Seed**
 - difficult to see cause seed not washed
 - Stored cold, Pi dormant
 - Grows with sprout; early infection; early epidemic

- **Volunteers**
 - Volunteers persist many years in warm climates
 - Difficult to control; a big issue
- **Culls**
 - From shipping and cutting
 - Must be destroyed before emergence of new crop
- **Eradication and Prevention; Fungicides** when disease is present in the field
 - Large arsenal of fungicides available
 - Expensive; >100 US\$/year
 - Resistance to metalaxyl an issue

- **Host resistance:**
 - Preferred method of control
 - Inexpensive
 - Fewer safety and environment issues
 - Always present

- The disease has been extensively and intensively studied
 - Google search shows 13,400 articles on late blight, 4450 since 2002 (Fry, 2008)
- Breeding potatoes for resistance to late blight difficult
 - Ongoing since 1920's
 - Host polyploid and heterozygous
 - Pathogen highly variable and plastic
 - Host: pathogen interaction complex
 - Requires large effort to accomplish

- Despite concerted efforts for the past 80 years breeding resistant varieties has not been very successful (Struik, 2008)
 - US few resistant varieties
 - Europe many resistant varieties
 - Latin America some resistant varieties??; CIP

- Potato late blight system classic example of Flor's gene for gene theory in action and the basis of Van der Planck's epidemiology models
 - Eleven genes for resistance (R genes) to Pi have been identified in *S. demissum* and introgressed into *S. tuberosum*
 - A corresponding 11 avirulence genes (Avr genes) have developed in the pathogen that stimulate res in the potato host and "avirulence" in the Pi pathogen

- These major R genes have not led to long term stable resistance to late blight
- An alternative is the use of minor genes for stable resistance; gene for gene does not operate for these genes, but they are difficult to identify

Why is it then so difficult to find resistance to Pi?

- The short answer is because Pi is a highly adaptive pathogen that quickly develops new genotypes to overcome any resistance in the host
 - Pi is heterothallic with two mating types A1 and A2 which can give rise to new genotypes through sexual reproduction
 - But new genotypes can also arise through asexual reproduction
- Two examples of a changing population illustrate this point.

The North American story

- The A1 mating (US1) type was the predominant mating type worldwide, including the US, until the late 1980's; A2 was only in Mexico
- Late blight was sporadic and there were some cultivars resistant to the simple US1
- In the 1990's the A2 mating types arrived from Mexico (presumably as hitchhikers with migrant workers)

- New genotypes arose quickly, and in about 1995, a new A2 genotype, US-8, became dominant and displaced the old US1 genotype
- Because the US does not have oospores, this new US-8 maintained itself as a clonal population and continues to dominate
- North American varieties have no resistance because US-8 has multiple virulence genes and US-8 is more aggressive and resistant to metalaxyl
- Only two recent US cultivars have resistance:
 - Defender and Jacqueline Lee

The European story

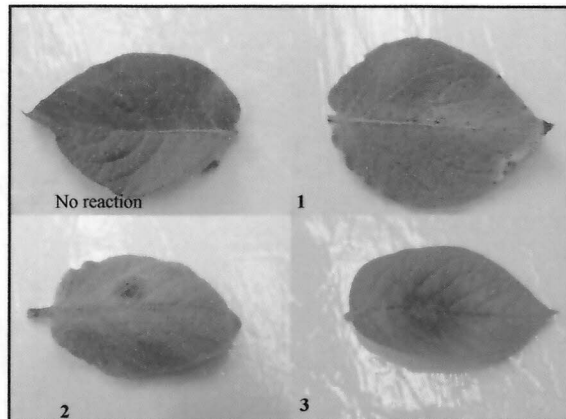
- Europe similarly was dominated by the old US1 mating type until the 1970 when the both mating types were introduced into Europe, ostensibly from Mexico in table potatoes
- In contrast to North America, oospores are present in Europe resulting in a sexual breeding population with new genotypes of Pi every year
- Breeding for resistance has been more successful there because the genotypes, and presumably the virulence gene composition, are more variable

- Consequently, there are more late blight resistant cultivars in Europe
- Beginning in 2005, there was an increase in the A2 population
- Now, in a scenario reminiscent of what happened in the US, a single genotype designated as Blue 13 has become dominant and displaced the prevailing genotypes
 - Netherlands, UK, France, and Germany
 - This new genotype is devastating potatoes in Europe because all res cultivars are susceptible to the Blue 13

- Is there hope for the future?
- Because researchers are eternally optimistic, work continues in the battle for late blight resistant cultivars; a few examples

Conventional breeding: Our program at NDSU

- Dedicated crossing blocks of late blight resistant parents from around the world
- 100 seedlings from each family tested for resistant to Pi in greenhouse using detached leaf assay (scores 0-3 and AULEC)



- Families with high level of resistance heavily selected for acceptable types
- Five hill field trial year one inoculated with mixture of Pi isolates representing all known virulence genes (AUDPC)
- Resistant clones tested in year two in replicated field trials inoculated with mixture of Pi isolates with all virulence genes (AUDPC and tuber lesion penetration)
 - Test foliar and tuber resistance

Results: How do these test results correlate? (Rodriguez)

Detached leaf assay and field AUDPC	0.55
Detached leaf assay scores and AULEC	0.67
AULEC and field AUDPC	0.60
AUDPC and tuber penetration	0.07

Five year results: Have we made progress?

- Percent seedlings by score category (0-3) and average overall LB score

Year	# families	0	1	2	3	Average
2002	33	5.5	6.4	3.7	84.5	2.7
2004	39	0.5	5.8	6.4	87.3	2.8
2005	60	0.4	9.2	9.2	79.6	2.7
2006	51	1.1	7.5	2.0	87.5	2.8
2007	63	4.9	8.3	3.3	83.5	2.6

New techniques and sources (new ammunition)

1. Use of wild species for incorporation of horizontal resistance
 - Diploid populations of *S. phureja*:*S. stenotomum*; high levels of res to Pi (Simko and Haynes)
 - Pyramiding of species genes delays disease onset (Tan)

2. New sources from breeding programs.

- R89063-84 from INIA Chile pringogram of J. Kalazich
 - Resistant multiple years to complex races of Pi in US and Chile
 - Gold mine: also resistance to Colorado potato beetle and *Paratrichodorus* nematode
 - Possible wild species genes; new source??
- Native species from centers of origin
 - Screening native cultivars from Chiloe
 - J. Solano

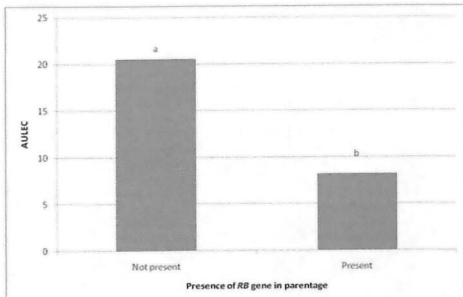
3. Marker assisted breeding
4. Biotechnology/gene identification and cloning

- RB gene on chromosome 8 cloned from *S. bulbocastanum*; Mexican species resistant to Pi
- RB gene confers broad spectrum resistance to Pi in transgenic potato varieties
- Encodes a class of R genes that encodes proteins
- RB protein recognizes Pi secreted effector protein IPI0

- Interaction elicits localized cell death and a hypersensitive resistance response
- Dutch variety Bionica has the RB gene
- Other Solanum species have alleles for RB protein

5. Pyramiding of R and RB genes

Foliar lesion expansion as expressed by Area Under the Lesion Expansion Curve (AULEC) following inoculation with *P. infestans* between clones who had the *RB* gene present in their parentage and those who don't.



Means followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$. LSD=5.87

Rodriguez, 2008

Why Pi is such a good combatant

- The Avr3a protein is one of many proteins secreted by Pi
 - Contains group of amino acids with the structure RXLR-EER (Whisson et al,)
 - May operate as signal for host cell targeting, since it is remarkably similar to the protein effector for cell targeting of red blood cells by *Plasmodium falciparum*, an animal parasite that causes malaria (Talbot)

- The Pi genome may encode as many as 425 proteins with the RXLR-EER motif, 169 of which are strong candidates as effector proteins
 - This could explain at the molecular level the plasticity of the Pi genome
- Poppel et al 2008 reported an Avr4 RXLR-EER effector protein from Pi of 287 aa

The Red Queen



- The **Red Queen's race** is an incident that appears in Lewis Carroll's *Through the Looking-Glass* and involves the Red Queen, a representation of a Queen in chess, and Alice constantly running but remaining in the same spot.
- "Well, in our country," said Alice, still panting a little, "you'd generally get to somewhere else — if you run very fast for a long time, as we've been doing."

"A slow sort of country!" said the Queen.

"Now, here, you see, it takes all the running you can do, to keep in the same place. If you want to get somewhere else, you must run at least twice as fast as that!"

- For an evolutionary system, continuing development (running/evolving) is needed just in order to maintain fitness relative to the systems it is co-evolving with
- In population biology the red queen is that rare individual in the population with particularly fit traits, such as the ability to overcome host resistance
 - Is the Red Queen out there waiting?
 - Are US8 and Blue 13 examples?
 - Are there more R genes out there?

- Only time will tell, so the job of finding late blight resistance never ends; but it does provide job security for potato breeders and plant pathologists for many years.

Ivette Acuña

De: Jean Beagle Ristaino [jean_ristaino@ncsu.edu]
Enviado el: miércoles, 25 de marzo de 2009 14:03
Para: Ivette Acuña; chu >> Julia Hu
Asunto: Re: Final report



Globalblight.doc
(574 KB)



PINFman18Gilb20
08RistainorevFe...



K 79 Chile
1889.pdf (728 KB)



usdaid-updated.xls
(116 KB)

Ivette,

Good to hear from you again and to know Juan is well again. I plan to send the materials I promised (the A1 tester, cd of pictures and a few other goodies - jumper cables for your truck!). This motivates me to get this done.

I pared down the other preproposal (Globalblight) and you are welcome to use this to justify further collaborations. Also, I have enclosed a review paper that summarized my previous work with herbarium materials.

You can use pieces of this for the report as well. I would say that we fund a specimen from 1950 outbreaks that we plan to study. We also have another sample in the USDA collection (Lycopersicon esculentum E. L.

Ekman 1930 Chile, Santiago US0186802 x Plantae Hispaniolae Exp. III

Regnellianae) from Chile we can include. We have not done the extractions yet - but I have just directed Julia my postdoc and Laura - a student to begin on this next week along with other samples they are working on.

Now some troubling news on the 1889 sample which I am still trying to figure out and I need your help...

I have spent some time on the 1889 Chile sample. First - I sent a copy of the specimen label to Don Pfister at Harvard's Farlow Herbarium and I was very excited about it and suggested he help us coauthor a description of the sample. He has the actual sample there. (Don was in Chile last year collecting mushrooms and stayed in Osorno - small world. I guess he did not go to Remehue.) I asked him to go into the herbarium and take a picture of the sample. He asked someone at Harvard to read the specimen label. She speaks old German and he tells me the word after Samen (seed) is gesandthen - old german for sent. I thought it was gesammelt - or collected. That makes a big difference since if the seed was sent by Philippi to P Hennings in Germany then this could be the Berlin Bot. garden and the disease sample is actually German. If the seed were collected by Philippi - then the Santiago Bot Garden makes sense. Var chilensis - also makes me think it is of Chilean origin.

1. Can you ask someone that reads old German to look at the label. If we have the same interpretation as Don's - then I was wrong and stand corrected on the origin of the specimen.
2. I also think we should ask Melica Munuz to dig into this further and find out if Phillippi recorded disease in his actual notebooks of 1889 in the Santiago gardens .
3. A third question is - did P Hennings visit Philippi in Chile in the 1880's- this would have given him an opportunity to take the sample back to Germany. There is always the possibility that the seed Phillipi sent to P Hennings was diseased - but we will never know that for sure.

Still looks like the 1950 epidemic was not the first in Chile - since there is also the sample from Santiago in 1930.

So the saga continues - of the oldest S American sample on potato late blight.

Anyway - we will PCR the 1930 tomato and the 1950 sample and let you know what we find.

As for further work - I am really interested in what you find on Chiloe - with the land race trial and the R genes. Has Jaime collected any diseased leaves from the growers farm or dried any leaves down for us. I would be really interested in studying land race and wild populations there and

As for further work - I am really interested in what you find on Chiloe
- with the land race trial and the R genes. Has Jaime collected any
diseased leaves from the growers farm or dried any leaves down for us.
I would be really interested in studying land race and wild populations
there and comparing them to the domesticated potato fields. This could
be a nice project for you and Jaime and I to focus on. I will write
this into further grants. Still waiting on my word from NSF and if this
is funded - this will give me funds to do this project with you.

All the best to you,
Jean

Dr. Jean Beagle Ristaino
Professor Plant Pathology
Box 7616 Dept Plant Pathology
N C State University
Raleigh, NC 27695
919 515-3257
919 515-7716
cell 919 412-7314
<http://www.cals.ncsu.edu/plantpath/people/faculty/ristaino/>

Ivette Acuña

De: Ivette Acuña [iacuna@inia.cl]
Enviado el: miércoles, 07 de enero de 2009 10:55
Para: 'melica4@gmail.com'
CC: 'Jean Beagle Ristaino'
Asunto: RV: herbarium sample from Chile



K 79 Chile
1889.pdf (728 KB)

Estimada Melica:

De acuerdo a lo conversado telefónicamente, adjunto envío la foto de la muestra de hoja de papa con síntomas de P. infestans.

Como te comentaba, la Dra. Ristaino está trabajando con herbarios con síntomas de P. infestans a través del mundo, con el objetivo de hacer estudios de migraciones históricas de este hongo en el mundo. Gracias a sus estudios se han cambiado muchas teorías sobre el origen de P. infestans.

Lo más interesante de todo para nosotros en Chile, es que con esta muestra del herbario adjunto ella pudo determinar la existencia de P. infestans en Chile desde 1889. La literatura describe la introducción de este hongo a fines de la década del 1940.

Espero que podamos ir al museo la próxima semana.

Saludos,

IVETTE ACUÑA B., Ing.Agr. Ph.D.
Fitopatóloga, INIA-Remehue
Casilla 24-O, Osorno,
Región de Los Lagos, CHILE
Fono: (56-64) 450420
Fax: (56-64) 237746
E-mail: iacuna@inia.cl
-----Mensaje original-----

De: Dr. Jean Beagle Ristaino [mailto:Jean_Ristaino@ncsu.edu] Enviado el: martes, 06 de enero de 2009 11:06
Para: iacuna@inia.cl
Asunto: herbarium sample from Chile

Ivette,

Here is the says Aufeiner von Phillipi in Chile but I can not read the rest in German.
Jean

>> --
>> Dr. Jean Beagle Ristaino
>> Professor Plant Pathology
>> Box 7616 Dept Plant Pathology
>> N C State University
>> Raleigh, NC 27695
>> 919 515-3257
>> 919 515-7716
>> cell 919 412-7314
>> <http://www.cals.ncsu.edu/plantpath/people/faculty/ristaino/>
>>
>>
>