



INFORME FINAL DE PROYECTOS DE I+D+i

Como paso previo a la realización del informe, se ruega lean detenidamente las **instrucciones de elaboración de los informes de seguimiento científico-técnico de proyectos** disponible en la página web del ministerio.

A. Datos del proyecto

Relacione los datos del proyecto. En caso de que haya algún cambio, indíquelo cambiando de color el texto

Referencia	AGL2010-16515
Investigador principal	Javier Abadía Bayona
Título	Metalómica vegetal: una aproximación a la homeostasis de metales en plantas mediante espectrometría de masas integrada
Entidad	Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
Centro	Estación Experimental de Aula Dei
Fecha de inicio	01/01/2011
Fecha final	30/06/2014 (originalmente 31/12/2013)
Duración	3,5 años (originalmente 3 años)
Total concedido	254.100,00 €

B. Resumen del proyecto para difusión pública

Resume los principales avances y logros obtenidos del proyecto con una **extensión máxima de 30 líneas**, teniendo en cuenta su posible difusión pública (páginas webs institucionales)

Los principales resultados del proyecto se centran principalmente en tres áreas. En primer lugar, se han logrado datos que indican que la producción y secreción por las raíces de la planta tanto de compuestos flavínicos como de compuestos fenólicos son parte importante de las respuestas a la deficiencia de Fe dentro de la denominada Estrategia I. En el proyecto se han identificado, mediante cromatografía y espectrometría de masas de tiempo de vuelo, diversos compuestos flavínicos y fenólicos en varias especies de plantas que no se habían relacionado previamente con este tipo de procesos. Si bien aún no se conoce el mecanismo real de actuación de ambos tipos de compuestos, la identificación y localización de los mismos llevada a cabo en el proyecto permite establecer la hipótesis de que puedan participar en procesos de reducción y acomplejación de Fe proveniente de óxidos de Fe poco solubles. La publicación de estos datos han tenido repercusión internacional en el ámbito de la nutrición vegetal. En segundo lugar, se ha obtenido abundante información sobre los cambios del proteoma (y metaboloma) de distintos compartimentos celulares y fluidos vegetales en respuesta a la deficiencia de Fe y a la toxicidad de metales como el Fe, el Zn y el Cd. Las técnicas proteómicas utilizadas han sido principalmente la electroforesis bidimensional para la separación de proteínas y la espectrometría de masas con trampa iónica para su identificación. Los materiales incluyen no sólo raíces, tallos y flores de plantas, sino también otros materiales cuyos proteomas son aún poco conocidos, como la savia de xilema, la savia de floema y el fluido apoplástico. También dentro de este apartado se ha abordado el estudio de proteínas de membrana de plantas tales como la envoltura cloroplástica y la membrana plasmática, con un abordaje que ha usado dos técnicas complementarias, como son la electroforesis bidimensional y las técnicas proteómicas “shotgun” basadas en cromatografía líquida y espectrometría de masas. En el caso de la deficiencia de Fe, los conocimientos obtenidos en el proyecto han permitido establecer un cuadro general de los efectos sobre el proteoma vegetal. En tercer lugar, se han logrado datos que han permitido conocer el rango de



concentraciones de metales y compuestos naturales con potencial acomplejante, como son la nicotianamina y compuestos derivados de la misma, en diversos fluidos vegetales. Si bien no ha sido posible avanzar significativamente en la cuantificación de complejos metálicos, los datos obtenidos van a permitir establecer nuevos protocolos de abordaje de este importante problema en el campo de la nutrición vegetal. Finalmente, hay otras investigaciones realizadas dentro del proyecto que han permitido obtener datos prometedores. Por ejemplo, la localización de formas lábiles de Fe con el método de tinción de Perls podría servir para identificar la vía de entrada del Fe aplicado via fertilización foliar.

C. Informe de progreso y resultados del proyecto

C1. Desarrollo de los objetivos planteados

Describa los objetivos y una estimación del grado de cumplimiento de los mismos (en porcentaje respecto al objetivo planteado y, en su caso, con indicación de lo que queda por realizar en cada uno de ellos)

Objetivo 1: <i>Estudio de la especiación de metales en fluidos de plantas</i>	Consecución del Objetivo 1: 100%.
Objetivo 2: <i>Nuevas metodologías para estudiar pasos cruciales en la homeostasis de metales usando espectroscopía de masas</i>	Consecución del Objetivo 2: 100%.
Objetivo 3: <i>Metabolismo de desequilibrios metálicos con una aproximación combinada metabolómica/proteómica</i>	Consecución del Objetivo 3: 100%.
Objetivo 4: <i>Micro-localización de metales y componentes relacionados con la homeostasis de metales en plantas</i>	Consecución del Objetivo 4: 100%.



C2. Actividades realizadas y resultados alcanzados

Describe las actividades científico-técnicas realizadas para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto. Indique para cada actividad los miembros del equipo que han participado. **Extensión máxima 4 páginas**

En el presente informe se presentan los resultados consolidados del proyecto hasta la fecha, la mayor parte de los cuales fueron publicados en el período 2011-2014, si bien aún hay algunos en fase de revisión en revistas (la lista completa que incluye todas las publicaciones está disponible en la dirección web http://www.stressphysiology.com/publication_list.html).

Los resultados se detallan a continuación siguiendo el orden de objetivos del proyecto.

Objetivo 1. Estudio de la especiación de metales en fluidos de plantas

Tarea 1. Detección e identificación de complejos metálicos (AAF, RR, JA, Bap, [JFM])

Los datos obtenidos en el proyecto han permitido un avance muy significativo en este campo, ya que se ha conseguido una caracterización bastante completa de las concentraciones tanto de metales como de compuestos complejantes de metales en los distintos fluidos vegetales utilizados, que incluyen savia de xilema, savia de floema y fluido apoplástico de hoja. El estado actual de conocimientos sobre la detección e identificación de complejos metálicos en fluidos vegetales también se ha recogido en una revisión completa sobre el tema (D.1.17). Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados aún no ha sido posible obtener una concentración suficientemente alta de Fe en savia de xilema y fluido apoplástico de hojas de plantas (remolacha, tomate, etc.) como para poder determinar las concentraciones de complejos metálicos. Los trabajos se centraron inicialmente en la utilización de soluciones estándar de metales y en el análisis de la savia de xilema de remolacha como planta modelo. Posteriormente, los trabajos se ampliaron a savia de xilema de tomate y a savia de floema de *Lupinus texensis* y arroz, en este último caso en colaboración con la Univ. de Lleida, en la que se dispone de genotipos ricos en metales (Dr. Christou). También se ha trabajado con el mutante *nas4x-2* de *A. thaliana*, demostrando la importancia de los complejos Fe-nicotianamina en la carga de floema (D.1.7). Los trabajos realizados han permitido obtener una imagen clara sobre los rangos de concentraciones de metales en diversos compartimentos vegetales, incluyendo savia de xilema, savia de floema y fluido apoplástico, y sobre los cambios en dichos rangos con distintos niveles de metales en el medio. Dado que las concentraciones de metales están en el rango μM , se ha utilizado el apoyo de laboratorios externos que disponen técnicas muy sensibles, como son la absorción atómica con cámara de grafito y la espectroscopía de emisión por plasma inducido acoplada a espectroscopía de masas (Univ. de Barcelona). También se han obtenido datos sobre las concentraciones de diversos compuestos naturales que complejan metales en los fluidos de las plantas. Así, se han optimizado tanto la extracción de nicotianamina y otros compuestos similares (ácido deoximugineico) en tejidos vegetales como su determinación mediante técnicas de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas, que poseen una gran sensibilidad para dicha determinación. Para la cuantificación de estos compuestos se han utilizado estándares internos (análogos estructurales y marcados isotópicamente), tales como la nicotil lisina. Por otro lado, también se ha trabajado sobre las formas de transporte de Fe y Zn asociadas a proteínas en la savia de floema, utilizando tanto *Lupinus texensis* (D.1.10) como *Brassica napus* (D.1.19). Se han realizado diversas comunicaciones a Congresos relacionadas con esta tarea (D.2.9, , D.2.31, D.2.35).

Tarea 2. Hacia la cuantificación de bio-complejos metálicos. (AAF, JA, Bap)

Aunque se utilizaron técnicas de vanguardia de dilución isotópica para la cuantificación, se obtuvieron resultados poco concluyentes dada la baja concentración de metales. Este hecho hace que sea necesario establecer nuevos enfoques experimentales para ese fin, una vez que dentro del proyecto se ha logrado conocer los rangos de metales y compuestos quelantes.



Objetivo 2. Nuevas metodologías para estudiar pasos cruciales en la homeostasis de metales usando espectroscopía de masas

Tarea 3. Ensayos de reductasa de hierro (JA, RR, AFLM, AAF, [MG]).

Se sigue trabajando en un borrador de publicación sobre los ensayos de caracterización de actividad reductasa de protoplastos aislados de hojas de remolacha, utilizando como sustratos para la reductasa tanto Fe-citrato (con dos formulaciones diferentes) como Fe(III)-EDTA. Este trabajo es una colaboración con los participantes del proyecto en la Univ. de Budapest.

Tarea 4. Ensayos para flujos de metales (JA, RR, AFLM, AAF, [MG]).

El predoctoral asociado realizó trabajos en colaboración con la Univ. de Lleida para la obtención de floema, xilema y fluido apoplástico de una misma especie vegetal, arroz, en la que se dispone de genotipos con niveles altos de metales. Se espera poder enviar una publicación sobre el tema en unos meses.

Tarea 5. Estudios de acumulación y exportación (JA, JRC, RR, AAF, [OF]).

Los datos obtenidos en el proyecto han permitido un avance muy significativo en este tema, ya que se ha puesto de manifiesto la relevancia tanto de los compuestos fenólicos como de las flavinas en la respuesta de las plantas a la carencia de Fe. Dichos compuestos no solo se acumulan en las raíces de plantas deficientes en Fe, sino que también se secretan al medio de cultivo en esas condiciones. Tanto en el caso de las flavinas como de los compuestos fenólicos se han identificado moléculas que hasta el momento no se relacionaban con estos procesos, y también se ha comenzado a esclarecer su modo de actuación. Para estos trabajos, a todo lo largo del proyecto se desarrollaron en primer lugar métodos para el muestreo de flavinas y compuestos fenólicos, y por otro lado se trabajó en la puesta a punto de técnicas de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas para su determinación. Los resultados obtenidos se recogen en varios artículos sobre: i) la acumulación y exportación de flavinas (incluyendo riboflavina y otros derivados de riboflavina no descritos con anterioridad) en raíces de plantas de *Medicago truncatula* deficientes en Fe (**D.1.3**); ii) la acumulación y exportación de compuestos fenólicos (incluyendo diversas cumarinas) en mutantes de *A. thaliana* (**D.1.14**), y iii) una comparación a nivel transcriptómico y proteómico de las respuestas a la deficiencia de Fe relacionadas con la acumulación y exportación de compuestos fenólicos y flavinas, utilizando una especie productora de flavinas (*M. truncatula*) y otra productora de fenólicos (*A. thaliana*) en condiciones de deficiencia de Fe (**D.1.11**). También se ha trabajado sobre la determinación de los compuestos fenólicos acumulados y secretados por las raíces de *Solanum lycopersicum* y *Prunus amygdalo x persica* deficientes en Fe (resultados aún en fase de escritura). En breve se espera poder enviar un nuevo artículo sobre el modo de acción de las flavinas secretadas al medio por plantas de *Beta vulgaris* cultivadas en deficiencia de Fe (**D.1.21**). Los resultados relacionados con esta tarea se ha expuesto en diversas comunicaciones a Congresos (*D.2.16, D.2.22, D.2.24, D.2.28-30, D.2.33*).

Objetivo 3. Metabolismo de desequilibrios metálicos con una aproximación combinada metabolómica/proteómica

Tarea 6. Estudios de metabolómica-proteómica (AFLM, RR, GL, JRC, AAF, JA, [OF, FF]).

Los datos obtenidos en el proyecto han permitido un avance muy significativo en este tema, ya que se han descrito cambios en el proteoma y metaboloma de diversos compartimentos de plantas expuestas tanto a la carencia de Fe como a la toxicidad de Fe, Zn y Cd. Los conocimientos sobre los cambios en el proteoma de distintos compartimentos vegetales con la deficiencia de Fe se recogen en una completa revisión sobre el tema (**D.1.12**). En primer lugar, en el proyecto se ha realizado la



optimización de muestreo de materiales vegetales, así como de extracción de metabolitos y proteínas. Posteriormente, los análisis proteómicos se han abordado tanto con técnicas basadas en gel (isoelectroenfoque y electroforesis; 2-DE) como con técnicas proteómicas tipo “shotgun” cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas (estos últimos en colaboración con la Universidad de Morioka en Japón), mientras que los análisis del metaboloma se han abordado tanto con técnicas de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas como con técnicas de análisis masivo por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (estos últimos en colaboración con la Univ. de California Davis, USA). Se han publicado diversos trabajos sobre los cambios causados por la deficiencia de Fe en: i) los perfiles de metabolitos de extractos de hojas y de savia de xilema de diferentes especies vegetales (D.1.2); ii) los perfiles proteicos de raíces de *M. truncatula* (D.1.1) y *P. amygdalo x persica* (D.1.8), y iii) los cambios en metabolitos en las raíces de una planta de estrategia II (D.1.6). También está en revisión un trabajo sobre los cambios con la deficiencia de Fe en el proteoma de los tallos de *M. truncatula* (D.1.20). Por otro lado, se han estudiado los efectos de la toxicidad de Zn en el proteoma de raíces (D.1.13) y de la de Cd en el proteoma de tilacoides (D.1.16), y sobre los cambios en el transcriptoma, metaboloma y proteoma de las flores de un triple mutante de ferritina de *A. thaliana* con la toxicidad de Fe (C.1.9). Se ha puesto un especial interés en la utilización conjunta de técnicas de “shotgun” proteomics y 2-DE para investigar la composición de sistemas de membrana de las plantas. Así, se ha estudiado el proteoma de las envolturas interna y externa del cloroplasto (D.1.18), y se ha progresado en el aislamiento de membrana plasmática de raíz de *Beta vulgaris* deficiente en Fe (se espera que muy pronto se pueda enviar una publicación con datos de “shotgun” proteomics y 2-DE de estas membranas). Se han realizado diversas comunicaciones a Congresos relacionadas con esta tarea (D.2.2-5, D.2.8, D.2.11-14, D.2.17, D.2.21, D.2.26-27, D.2.34, D.2.36).

Tarea 7. Explotación mediante análisis “targeted”. (AFLM, AAF, JA, Bap)

Dentro de esta tarea se ha incidido especialmente en todo lo relacionado con las síntesis de flavinas y compuestos fenólicos, así como con los compuestos relacionados con la rafinosa. Todos ellos parece que juegan un papel central en la respuesta de las plantas de Estrategia I a la deficiencia de Fe. Las publicaciones más relacionadas con esta tarea son la D.1.14 (fenólicos) y la D.1.21 (flavinas) y hay otras más en fase de elaboración, relacionadas tanto con flavinas como con fenólicos.

Objetivo 4. Micro-localización de metales y componentes relacionados con la homeostasis de metales en plantas

Tarea 8. Localización de metales (FM, JA).

Los datos obtenidos en el proyecto han permitido avances muy significativos en este tema, tanto en la determinación de contenidos totales de metales por técnicas instrumentales como también en la localización de acervos de Fe lábil en tejidos vegetales. Así, se han publicado trabajos con técnicas de fluoróforos específicos para la localización de Zn en hojas (D.1.4), y otro con microscopía electrónica de barrido (SEM-EDX) y fluorescencia de rayos X inducida por protones (μ -PIXE) para la localización de diversos elementos, incluyendo Fe, en hojas de remolacha y melocotonero (D.1.15). En el mismo trabajo se abordaron técnicas de localización de Fe utilizando la tinción potenciada de Perls (D.1.15). También se han realizado experimentos preliminares con ablación láser (LA) e ICP-MS (D.2.32). Por otro lado, se ha conseguido también la localización de Fe mediante técnicas directas de teñido de acervos de Fe lábil utilizando el método Perls, lo que muy posiblemente va a permitir descubrir la vía de entrada de Fe a las células de la hoja (trabajos en preparación). Se han realizado diversas comunicaciones a Congresos relacionadas con esta tarea (D.2.1, D.2.6-7, D.2.10, D.2.15, D.2.18-20, D.2.25, D.2.32).

Tarea 9. Localización de proteínas y metabolitos (FM, JA, [JFM]).



En relación con esta tarea, que se ha desarrollado a todo lo largo del proyecto, se publicó un trabajo sobre la localización de metabolitos en hojas utilizando técnicas espectrometría de masas MALDI-Imagen (D.1.5), y se ha realizado la localización de flavinas en secciones de raíces de *M. truncatula* (D.1.3) y de *B. vulgaris* (D.1.21). Un trabajo aún en fase de escritura, correspondiente al último capítulo de la Tesis de Giuseppe Lattanzio, estudia la posibilidad de determinar flavinas en raíces de *M. truncatula* utilizando técnicas de espectrometría de masas de imagen MALDI-MS.

También se han publicado algunos artículos derivados de colaboraciones mantenidas durante la ejecución del proyecto, que aunque no están incluidos en los objetivos iniciales del mismo sí están relacionados. Los trabajos son sobre cambios en la fisiología de plantas asociados con las toxicidades de los metales Cd, Al y Hg (D.4.1, D.4.2 y D.4.3) y la deficiencia de Zn (D.4.5), y también se ha enviado para su publicación otro sobre la toma de Fe por los cloroplastos (D.4.4).

En caso de incluir figuras, cítelas en el texto e insértelas en la última página

C3. Problemas y cambios en el plan de trabajo

Describe las dificultades y/o problemas que hayan podido surgir durante el desarrollo del proyecto, así como cualquier cambio que se haya producido respecto a los objetivos o el plan de trabajo inicialmente planteados. Extensión máxima 1 página

Una dificultad reseñable a lo largo del proyecto ha sido la imposibilidad de justificación en el mismo de las reparaciones y mantenimiento de los grandes equipos como los espectrómetros de masas. Estos gastos han tenido que ser asumidos en su mayor parte por el grupo de investigación a través de fondos de contratos con empresas.

En el año 2014 el contratado FPI Pablo Díaz de la Huerta ha sufrido problemas de salud bastante graves, que se han resuelto muy favorablemente tras de una intervención quirúrgica. Esto ha conllevado dos meses de baja laboral de dicha persona.

C4. Colaboraciones con otros grupos de investigación directamente relacionadas con el proyecto

Relacione las colaboraciones con otros grupos de investigación y el valor añadido para el proyecto. Describa, si procede, el acceso a equipamientos o infraestructuras de otros grupos o instituciones.

Dentro del proyecto se ha colaborado con los siguientes laboratorios (muchos de ellos son co-autores en la lista de publicaciones, marcados con *):

España

-Centro de Biotecnología y Genómica de plantas, UPM-INIA, Madrid (Dra. Kehr*; actualmente en la Univ. De Hamburgo), para estudios iniciales de identificación de proteínas por MALDI-TOF (D.1.10, D.1.18, D.1.19).

-U. Oviedo (Dr. García Alonso), para utilización de isótopos estables en metrología química, incluyendo ICP-MS e IDA, y para la localización de metales en hojas por LA-ICP-MS (D.2.32).

-ICA-CSIC, Madrid (Dr. Fereres) para el asilamiento de floema de arroz mediante uso de áfidos.

-Univ. Lleida (Dr. Christou), para utilización de líneas de arroz con elevados contenidos en metales a fin de obtener savia de xilema y floema para determinación de nicotianamina.

-ICMA-CSIC (Drs. Orduna* y Savirón*, Zaragoza) para estudios de ESI-MS(-MS) con metabolitos de plantas (D.1.3, D.1.14).

-ICA-CSIC (Madrid, Spain) para localización de metales por LT-SEM-EDX (criofractura). (D.1.4, D.1.15)

-ICB-CSIC (Dr. Andrés, Zaragoza) para estudios de localización de metales por SEM-EDX.

-con otros investigadores de la EEAD del Departamento de Pomología, para utilización de especies de Prunus (Dra. Gogorcena*, D.1.8, D.4.1).



- Empresa TimacAgro, grupo Rouiller (Dr. García-Mina*), para análisis de hormonas por GC-MS (D.1.9).
- IVIA Valencia (Dra. Calatayud*), para técnicas de imagen de fluorescencia de clorofila (D.1.15).
- Univ. de Valencia (Dr. Calvete*), para identificación de proteínas (D.1.10).

América

- Laboratorio de Metabolómica en el Genome Center (Dr. Fiehn*), UC Davis, USA, para análisis de metabolómica mediante técnicas de GC-MS (D.1.2, D.1.9).
- USDA-ARS Houston, USA (Dr. Grusak*) para los análisis relacionados con flujos de metales y proteómica (D.1.1, D.1.6, D.1.12, D.1.19).
- Univ. Chihuahua, México (Dra. Ojeda-Barrios*), para trabajos sobre deficiencia de Zn en plantas (D.1.4, D.4.5).
- Stanford Synchrotron Radiation Lighsource, Stanford, CA, USA (Dra. Andrews), para estudios de localización de metales en materiales vegetales con radiación sincrotrón.

Europa

- Eötvös Lorand University, Budapest, Hungría (Dr. Fodor*), para trabajos con sistemas fotosintéticos (D.1.16, D.1.20).
- Univ. de Munich (Dr. Philippar*), para trabajos de genómica y proteómica de plástidos (D.1.9, D.1.18)
- Josef Stefan Institute Microanalytical Center, Ljubljana, Eslovenia (Dr. Pelicon*) para localización de metales en tejidos vegetales por μ -PIXE (D.1.15).
- IPK Gatersleben, Alemania (Drs. Mock* y Matros*), para trabajos de proteómica y MALDI-MS Imagen (D.1.5, D.1.10, D.1.13).
- CNRS Montpellier (Dr. JF Briat*; D.1.8, D.1.9, D.1.14) y Saarland Univ., Alemania (Dr. Bauer*; D.1.7) para estudios con mutantes de Arabidopsis.

Asia

- Research Institute for Bioresources, Okayama University, Japón (Dr. Ma) para apoyo en algunas técnicas específicas de microscopía.
- Universidad de Iwate en Morioka (Dr. Uemura*), para técnicas shotgun de proteómica enfocadas al análisis de proteínas de membrana (D.1.18).
- Academia Sinica, Taiwan (Dr. Schmidt*; D.1.11), para técnicas de transcriptómica y proteómica.

C5. Colaboraciones con empresas o sectores socioeconómicos

Relacione las colaboraciones con empresas o sectores socioeconómicos y el valor añadido para el proyecto, la transferencia de conocimientos o resultados del mismo.

En el proyecto se contó con el respaldo de la EPO TimacAgro (grupo Rouiller, Dr. García-Mina). La misma empresa participó también en un proyecto ERANET KBBE (EuroInvestigación EUI 2008-03618, 2009-2012) así como en un proyecto INNFACTO actualmente en curso, por lo que los contactos entre los dos equipos son constantes.

Además, el grupo trabaja habitualmente en colaboración con otras empresas de fertilizantes (Fertiberia, etc.), frecuentemente bajo términos de confidencialidad. Estos trabajos permiten hacer transferencia de conocimiento y, al mismo tiempo, mantienen el contacto del grupo con la actividad del sector.

C6. Actividades de formación y movilidad de personal

Indique las actividades de formación y movilidad de personal relacionadas con el desarrollo del proyecto. Además, si procede, las actividades realizadas en colaboración con otros grupos o con actividades de formación en medianas o grandes instalaciones

Nombre	Tipo (becario, técnico,	Descripción de las actividades de
--------	-------------------------	-----------------------------------



		contratado con cargo al proyecto, posdoctoral, otros)	formación
1	Giuseppe Lattanzio	Becario/Contratado FPI	-2012: Estancia en IPK Gatersleben, Alemania. Formación en técnicas de MALDI-Imagen (3 meses). -2012: Estancia en Macquaire Univ. Sydney, Australia. Formación en técnicas de shotgun proteomics (2 meses)
2	Rubén Rellán-Álvarez	Contratado CSIC	-2011: Estancia en UC Davis, USA. Formación en metabolómica (1 semana)
3	Pablo Díaz	Contratado FPI	-2013: Estancias breves en Univ. Lleida. Formación en obtención de fluidos a partir de plantas con alto contenido en metales

Cree tantas filas como necesite

C7. Actividades de internacionalización y otras colaboraciones relacionadas con el proyecto

Indique si ha concurrido y con qué resultado a alguna de las convocatorias de ayudas (proyectos, formación, infraestructuras, otros) del Programa Marco de I+D de la UE y/o a otros programas internacionales, en temáticas relacionadas con la de este proyecto. Indique el programa, socios, países y temática y, en su caso, financiación recibida

El Grupo de investigación participó en un proyecto ERANET KBBE (EuroInvestigación EUI 2008-03618, 2009-2012), relacionado en parte con el proyecto. En dicho proyecto participaban los Drs. K. Philippar (Universidad de Munich, Alemania), J.F. Briat (Universidad de Montpellier, Francia), N. von Wirén (IPK Gatersleben, Alemania) y J.M. García-Mina (Timac-Agro, Roullier Group, España), para estudiar los procesos reguladores de la relación en la homeostasis de Fe en el cloroplasto y el citosol de células vegetales con los mecanismos de adquisición y transporte de Fe. Financiación recibida: 382.000 euros (incluidos 177.000 para Timac-Agro); fecha finalización Marzo 2012.

D. Difusión de los resultados del proyecto

Relacione únicamente los resultados derivados de este proyecto

D1. Publicaciones científico-técnicas (con peer-review) derivadas del proyecto y patentes

Autores, título, referencia de la publicación... (en **negrita**, autores del grupo)

2011

D.1.1- Rodríguez-Celma J, Lattanzio G, Grusak MA, Abadía A, Abadía J, López-Millán AF (2011) Root responses of *Medicago truncatula* plants grown in two different iron deficiency conditions: changes in root protein profile and riboflavin biosynthesis. **Journal of Proteome Research** 10, 2590-2601 (doi:10.1021/pr2000623)^{Q1}

D.1.2- Rellán-Álvarez R, El Jendoubi H, Wohlgemuth G, Abadía A, Fiehn O, Abadía J, Álvarez-Fernández A (2011) Metabolite profile changes in xylem sap and leaf extracts of strategy I plants in response to iron deficiency and resupply. **Frontiers in Plant Science** 2, 66 (doi: 10.3389/fpls.2011.00066)^{Q1}

D.1.3- Rodríguez-Celma J, Vázquez-Reina S, Orduna J, Abadía A, Abadía J, Álvarez-Fernández A, López-Millán A-F (2011) Characterization of flavins in roots of Fe-deficient Strategy I plants, with a focus on *Medicago truncatula*. **Plant and Cell Physiology** 52, 2173-2189 (doi: 10.1093/pcp/pcr149)^{Q1}



2012

D.1.4- Ojeda-Barrios D, **Abadía J**, Lombardini L, **Abadía A**, **Vázquez S** (2012) Zinc deficiency in field-grown pecan trees: changes in leaf nutrient concentrations and structure. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 92, 1672-1678 (doi: 10.1002/jsfa.5530) ^{Q1}

D.1.5- Peukert M, Matros A, **Lattanzio G**, Kaspar S, **Abadía J**, Mock H-P (2012) Spatially resolved analysis of small molecules by matrix-assisted laser desorption/ionization mass spectrometric imaging (MALDI-MSI). **New Phytologist** 193, 806-815 (doi:10.1111/j.1469-8137.2011.03970.x) ^{Q1}

D.1.6- **López-Millán AF**, Grusak MA, **Abadía J** (2012) Carboxylate metabolism changes induced by Fe deficiency in barley, a Strategy II plant species. **Journal of Plant Physiology** 169, 1121-1124 (doi: 10.1016/j.jplph.2012.04.010) ^{Q1}

D.1.7- Schuler M, **Rellán-Álvarez R**, Fink-Straube C, **Abadía J**, Bauer P (2012) Nicotianamine functions in the phloem-based transport of iron to sink organs, in pollen development and in pollen tube growth in *Arabidopsis*. **Plant Cell** 24, 2380-2400 (doi: 10.1105/tpc.112.099077) ^{Q1}

2013

D.1.8- **Rodríguez-Celma J**, **Lattanzio G**, Jiménez S, Briat JF, **Abadía J**, **Abadía A**, Gogorcena Y, **López-Millán AF** (2013) Changes induced by Fe deficiency and Fe resupply in the root protein profile of a peach-almond hybrid rootstock. **Journal of Proteome Research** 12, 1162-1172 (doi: 10.1021/pr300763c) ^{Q1}

D.1.9- Sudre D, **Gutierrez-Carbonell E**, **Lattanzio G**, **Rellán-Álvarez R**, Gaymard F, Wohlgemuth G, Fiehn O, **Álvarez-Fernández A**, Zamarreño AM, Bacaicoa E, Duy D, García-Mina JM, **Abadía J**, Philippar K, **López-Millán AF**, Briat JF (2013) Iron-dependent modifications of the flower transcriptome, proteome, metabolome and hormonal content in an *Arabidopsis* ferritin mutant. **Journal of Experimental Botany** 64, 2665-2688 (doi: 10.1093/jxb/ert112) ^{Q1}

D.1.10- **Lattanzio G**, Andaluz S, Matros A, Calvete JJ, Kehr J, **Abadía A**, **Abadía J**, **López-Millán AF** (2013) Protein profile of *Lupinus texensis* phloem sap exudates: searching for Fe and Zn containing proteins. **Proteomics** 13, 2283-2296 (doi:10.1002/pmic.201200515) ^{Q1}

D.1.11- **Rodríguez-Celma J**, Lin W-D, Fu G-M, **Abadía J**, **López-Millán A-F**, Schmidt W (2013) Mutually exclusive alterations in secondary metabolism are critical for the uptake of insoluble iron compounds by *Arabidopsis* and *Medicago truncatula*. **Plant Physiology** 162, 1473-1485 (doi: 10.1104/pp.113.220426) ^{Q1}

D.1.12- **López-Millán A-F**, Grusak MA, **Abadía A**, **Abadía J** (2013) Iron deficiency in plants: an insight from proteomic approaches. **Frontiers in Plant Science** 4, 254 (doi: 10.3389/fpls.2013.00254) ^{Q1}

D.1.13- **Gutierrez-Carbonell E**, **Lattanzio G**, **Sagardoy R**, **Rodríguez-Celma J**, **Ríos JJ**, Matros A, **Abadía A**, **Abadía J**, **López-Millán A-F** (2013) Changes induced by zinc toxicity in the 2-DE protein profile of sugar beet roots. **Journal of Proteomics** 94, 149-161 (doi: 10.1016/j.jprot.2013.09.002). ^{Q1}

2014

D.1.14- Fourcroy P, **Sisó-Terraza P**, Sudre D, Savirón M, Reyt G, Gaymard F, **Abadía A**, **Abadía J**, **Álvarez-Fernández A**, Briat JF (2014) Involvement of the ABCG37 transporter in secretion of scopoletin and derivatives by *Arabidopsis* roots in response to iron deficiency. (2014) Involvement of the ABCG37 transporter in secretion of scopoletin and derivatives by *Arabidopsis* roots in response to iron deficiency. **New Phytologist** 201, 155-167 (doi: 10.1111/nph.12471) ^{Q1}

D.1.15- **El-Jendoubi H**, **Vázquez S**, Calatayud A, Vavpetic P, Vogel-Mikuš K, Pelicon P, **Abadía J**, **Abadía A**, **Morales F** (2014) The effects of foliar fertilization with iron sulfate in chlorotic leaves



are limited to the treated area. A study with peach trees (*Prunus persica* L. Batsch) grown in the field and sugar beet (*Beta vulgaris* L.) grown in hydroponics. **Frontiers in Plant Science** 5, 2 (doi: 10.3389/fpls.2014.00002) ^{Q1}

D.1.16- Basa B, **Lattanzio G**, Solti Á, Tóth B, **Abadía J**, Fodor F, Sárvári É (2014) Changes induced by cadmium stress and iron deficiency in the composition and organization of thylakoid complexes in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). **Environmental Experimental Botany**, in press (doi: 10.1016/j.envexpbot.2013.12.026) ^{Q1}

D.1.17- **Álvarez-Fernández A**, **Díaz-Benito P**, **Abadía A**, **López-Millán AF**, **Abadía J** (2014) Metal species involved in long distance metal transport in plants. **Frontiers in Plant Science** 5, 105 (doi: 10.3389/fpls.2014.00105) ^{Q1}

D.1.18- **Gutierrez-Carbonell E**, Takahashi D, **Lattanzio G**, **Rodríguez-Celma J**, Soll J, Philippar K, Kehr J, Uemura M, **Abadía J**, **López-Millán A** (2014) The distinct functional roles of the inner and outer chloroplast envelope of pea (*Pisum sativum*) as revealed by proteomic approaches. **Journal of Proteome Research** 13, 2941–2953 (doi: 10.1021/pr500106s) ^{Q1}

Submitted

D.1.19- **Gutierrez-Carbonell E**, **Lattanzio G**, Kehr J, **Abadía A**, Grusak MA, **Abadía J**, **López-Millán AF** (201x) Effects of Fe deficiency on the protein profile of *Brassica napus* phloem sap. In 2nd revision.

D.1.20- **Rodríguez-Celma J**, **Lattanzio G**, **Villarroya D**, **Gutierrez-Carbonell E**, Rencoret J, Gutiérrez A, del Río JC, Grusak MA, **Abadía A**, **Abadía J**, **López-Millán AF** (201x) Effects of Fe deficiency on the protein profiles and lignin composition of stem tissues from *Medicago truncatula*. Submitted.

D.1.21- **Sisó-Terraza P**, **Ríos JJ**, **Abadía J**, **Abadía A**, **Álvarez-Fernández A** (201x) Flavins secreted by roots of iron deficient *Beta vulgaris* enable mining of ferric oxide via reductive mechanisms. Submitted.

D2. Asistencia a congresos, conferencias o workshops relacionados con el proyecto

Nombre del congreso, tipo de comunicación (invitada, oral, póster), autores (en **negrita**, miembros del grupo asistentes al Congreso)

2011 XIX Reunión de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal-X Congreso Hispano-Luso de Fisiología Vegetal (Castellón, Spain, 21-24 June, 2011). (Asistencia)

(D.2.1) **El-Jendoubi H**, Lastra M, **Abadía J**, Abadía A. Effects of foliar Fe application on mineral and photosynthetic pigment composition in field grown peach leaves (Oral communication)

(D.2.2) **Rodríguez-Celma J**, Lattanzio G, Rellán-Álvarez R, Abadía A, **Abadía J**, López-Millán A-F. Root proteomics and heavy metal homeostasis: Fe and Cd in the focus (Oral communication)

(D.2.3) **Gutierrez-Carbonell E**, **Rodríguez-Celma J**, Duy D, Lattanzio G, López-Millán A-F, Philippar K, **Abadía J**. Chloroplast envelope proteomics (Poster)

International Symposium "Frontiers in Agriculture Proteome Research: Contribution of proteomics technology in agricultural sciences" (Tsukuba Science City, Japan, November 8-10, 2011). (Asistencia)

(D.2.4) **Rodríguez-Celma J**, Lattanzio G, Kehr J **Abadía A**, López-Millán A-F, **Abadía J**. Changes in the *Medicago truncatula* stem protein profile as a result of Fe deficiency (Oral communication)

2012 II Jornadas Bienales de Jóvenes Investigadores en Proteómica (Santiago de Compostela, Spain, 9-10 Feb, 2012).

(D.2.5) **Gutierrez-Carbonell EF**, **Lattanzio G**, Rodríguez-Celma J, Duy D, Kehr J, Philippar K, López-Millán AF, **Abadía J**. Caracterización de los perfiles proteicos de las envolturas interna y externa de cloroplasto de *Pisum sativum* (Oral communication).

The PLANT-KBBE Conference 2012 (Barcelona, Spain, March 19-20, 2012).

(D.2.6) Philippar K, **Abadía J**. HOT IRON: PLANT PROGROW (Oral communication).

VII International Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops (Chanthaburi, Thailand, May 19-25, 2012).

(D.2.7) **El-Jendoubi H**, Calatayud A, Morales F, **Abadía J**, Abadía A. Effects of foliar Fe application on photosynthetic pigment composition and Chl fluorescence parameters in field grown peach leaves (Oral communication)



	<p>communication).</p> <p><i>16th International Symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants (Amherst, Massachusetts, USA, 17-21 June, 2012).</i></p> <p>(D.2.8) Álvarez-Fernández A, Abadía A, Abadía J, López-Millán AF. Proteomic and metabolomic studies in Fe deficient Strategy I plants (Oral communication).</p> <p>(D.2.9) El-Jendoubi H, Rellán-Álvarez R, Álvarez-Fernández A, Fiehn O, Abadía J, Abadía A. Changes in xylem metabolite profile during fruit development in peach trees affected by iron deficiency (Oral communication).</p> <p>(D.2.10) El Jendoubi H, Abadía J, Abadía A. Assessment of nutrient removal in bearing peach trees (<i>Prunus persica</i> L. Batsch) based on whole tree analysis (Poster).</p> <p>(D.2.11) Rodríguez-Celma J, Lattanzio G, Jimenez S, Abadía J, Abadía A, Gorgorcena G, López-Millán AF. Changes induced by Fe deficiency and Fe resupply in the protein profile of GF677 <i>Prunus amygdalo x persica</i> roots (Poster).</p> <p>(D.2.12) López-Millán AF, Grusak MA, Abadía J. Carboxylate metabolism changes induced by Fe deficiency in barley, a Strategy II plant species (Poster).</p> <p>(D.2.13) Gutierrez-Carbonell E, Lattanzio G, Rellán-Álvarez R, Sudre D, Gaymard F, Fiehn O, Abadía J, Álvarez-Fernández A, López-Millán AF, Briat JF. Changes in flower protein and metabolite profiles in an <i>Arabidopsis</i> ferritin null mutant (Poster).</p> <p><i>XIV Simposio Hispano-Luso de Nutrición Mineral de las Plantas (Madrid, Spain, July 23-26, 2012).</i></p> <p>(D.2.14) Gutiérrez-Carbonell E, Lattanzio G, Rodríguez-Celma J, Sagardoy R, Abadía A, Abadía J, López-Millán AF. Cambios en los perfiles proteicos de raíz de plantas de <i>Beta vulgaris</i> cultivadas en distintas concentraciones de Zn (Poster).</p> <p>(D.2.15) Larbi A, Saúl Vázquez S, El-Jendoubi H, Msallem M, Morales F, Abadía J, Abadía A. Leaf eco-physiological, nutritional and anatomical changes within the canopy of olive trees grown in a high-density plantation (Poster).</p> <p>(D.2.16) Sisó P, Abadía J, Abadía A, Álvarez-Fernández A. The role of iron deficiency-induced release of flavins into the rizosphere: the case of <i>Beta vulgaris</i> (Poster).</p> <p>2013 <i>5th Congress of the Spanish Proteomics Society (Barcelona, Spain, 5-8 Feb, 2013).</i></p> <p>(D.2.17) Gutierrez-Carbonell EF, Takahashi D, Lattanzio G, Philippar K, Uemura M, Abadía J, López-Millán AF. Proteomic profiles of <i>Pisum sativum</i> inner and outer chloroplast envelope membranes (Poster).</p> <p><i>6th Fertiberia Workshop. La importancia de la fertilización en el desarrollo de los cultivos y su influencia en la alimentación humana (Madrid, Spain, 20 Feb, 2013).</i></p> <p>(D.2.18) Abadía J. La importancia de la fertilización con hierro: suelo, planta y alternativas de fertilización (Keynote).</p> <p><i>GartneriRådgivningen. Foliar fertilization for Scandinavian fruit and vegetables advisers (Kovenhavn, Denmark, March 1, 2013).</i></p> <p>(D.2.19) Abadía J. Iron plant requirements and how to satisfy them (Keynote).</p> <p>(D.2.20) Abadía J, Val J. Ca-related disorders in fruit trees in Spain (Keynote).</p> <p><i>International Workshop on Plant Membrane Biology (IWPMB2013) (Kurashiki, Japan, 26-31 March, 2013).</i></p> <p>(D.2.21) Gutierrez-Carbonell EF, Takahashi D, Lattanzio G, Rodríguez-Celma J, Duy D, Philippar K, Kehr J, Uemura M, Abadía J, López-Millán AF. Proteomic profiles of <i>Pisum sativum</i> inner and outer chloroplast envelope membranes (Poster).</p> <p><i>24th International Conference on Arabidopsis Research (ICAR 2013) (Sydney, Australia, 24-28 Jun, 2013).</i></p> <p>(D.2.22) Rodríguez-Celma J, Lin W-D, Abadía J, López-Millán A-F, Schmidt W. Phylogenetically Separated and Mutually Exclusive Induction of the Phenylpropanoid and Riboflavin Biosynthesis Pathways are Critical for the Uptake of Insoluble Iron Compounds by <i>Arabidopsis</i> and <i>Medicago truncatula</i> (Oral).</p> <p><i>4th International Symposium on Metallomics (Oviedo, España, 8-11 July, 2013).</i></p> <p>(D.2.23) Sobrino-Plata J, Carrasco-Gil S, Hernández LE, Escobar C, Álvarez-Fernández A, Abadía J. Direct implication of glutathione in the tolerance of <i>Arabidopsis thaliana</i> plants to mercury (Oral).</p> <p><i>International Plant Nutrition Colloquium (IPNC'13) (Istanbul, Turkey, 19-22 August, 2013).</i></p> <p>(D.2.24) Sisó-Terraza P, Abadía A, Abadía J, Álvarez-Fernández A. Secretion and accumulation of phenolic compounds by <i>Solanum lycopersicum</i> roots in response to iron deficiency (Poster).</p> <p>(D.2.25) El-Jendoubi H, Vázquez S, Abadía A, Morales F, Abadía J. Multi-criteria assessment of foliar Fe fertilization (Poster).</p> <p>(D.2.26) Gutierrez-Carbonell E, Lattanzio G, Sagardoy R, Rodríguez-Celma J, Rios JJ, Abadía A, Abadía J, López-Millán AF. Changes induced by Zn toxicity in the 2-DE protein profile of <i>Beta vulgaris</i> roots (Poster).</p> <p><i>12th HUPPO World Congress (HUPPO2013) (Yokohama, Japan, 14-18 September, 2013).</i></p>
--	---



2014	<p>(D.2.27) Gutierrez-Carbonell E, Lattanzio G, Abadía A, Abadía J, López-Millán AF. Changes in the protein profiles of <i>Beta vulgaris</i> leaf apoplastic fluid with iron deficiency and iron resupply (Poster).</p> <p><i>OPTICHINA International Conference (Beijing, May 24-31, 2014).</i></p> <p>(D.2.28) Abadía J. Improving metal content in crops: gaps in the current knowledge (Keynote).</p> <p><i>XVII International Symposium on Iron Nutrition and Interactions in Plants (Gatersleben, Germany, 6-10 July, 2014).</i></p> <p>(D.2.29) Abadía J, Sisó-Terraza P, Pablo Díaz-Benito, Gutierrez-Carbonell E, Takahashi D, Abadía A, Uemura M, López-Millán AF, Álvarez-Fernández A. Advances in iron nutrition based on mass spectrometry approaches (Keynote).</p> <p>(D.2.30) Sisó-Terraza P, Abadía J, Abadía A, Gogorcena Y, Álvarez-Fernández A. Root secretion of phenolics plays a significant role for iron acquisition at high pH in <i>Prunus</i> rootstocks (Poster).</p> <p>(D.2.31) Gutierrez-Carbonell E, Lattanzio G, Abadía A, Grusak MA, Abadía J, López-Millán AF. Changes in the protein profile of the phloem sap from <i>Brassica napus</i> as affected by iron deficiency (Poster).</p> <p>(D.2.32) Carrasco-Gil S, Fernández B, Pereiro R, Gogorcena Y, Abadía A, Abadía J, Álvarez-Fernández A. Spatial distribution of Fe in leaf sections of Fe-treated peach trees using imaging laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS) (Poster).</p> <p>(D.2.33) Jiménez S, López-Millán AF, Duy D, Philippar K, Abadía J, Abadía A, Gogorcena Y. Phylogenetic analysis on gene families related to iron homeostasis in peach (Poster).</p> <p><i>1st INPPO World Congress 2014 (Hamburg, Germany, August 31-September 4, 2014).</i></p> <p>(D.2.34) Gutierrez-Carbonell E, Takahashi D, Lüthje S, González-Reyes JA, Uemura M, Abadía J, López-Millán AF. Changes in the protein profiles of plasma membrane and detergent resistant microdomain preparations from <i>Beta vulgaris</i> roots as affected by Fe deficiency (Poster).</p> <p>(D.2.35) Ceballos L, Gutierrez-Carbonell E, Lattanzio G, Abadía A, Abadía J, López-Millán AF. Changes in the protein profiles of <i>Beta vulgaris</i> leaf apoplastic fluid with iron deficiency and iron resupply (Poster).</p> <p><i>13th Human Proteome Organization World Congress (Madrid, Spain, 5-8 October 2014).</i></p> <p>(D.2.36) Gutierrez-Carbonell E, Takahashi D, Lüthje S, Uemura M, Abadía J, López-Millán AF. Changes in the protein profiles of plasma membrane preparations from <i>Beta vulgaris</i> roots as affected by Fe deficiency (Poster).</p> <p><i>XV Simpósio Luso-Espanhol de Nutrição Mineral das Plantas NutriPLANTA 2014 (Lisboa, Portugal, 6-8 December, 2014).</i></p> <p>(D.2.37) Sisó-Terraza P, Gogorcena Y, Abadía J, Abadía A, Álvarez-Fernández A. Plant root release of phenolics and flavins upon Fe deficiency (Keynote).</p> <p>(D.2.38) Ríos JJ, Abadía A, Abadía J. Stomatal guard cells are involved in Fe uptake from foliar fertilizers in <i>Prunus</i> rootstock leaves (Oral).</p> <p>(D.2.39) Carrasco-Gil S, Álvarez-Fernández A, Abadía A, García-Mina JM, Abadía J. Effect of individual and combined Fe and Mn foliar treatments on metal-deficient tomato plants (Oral).</p>
-------------	--

D3. Tesis doctorales finalizadas relacionadas con el proyecto

Nombre del doctor, director de tesis, título, calificación, organismo...

Tesis parcialmente cubiertas

D.3.1- Hamdi El-Jendoubi, Fruit tree nutrition: Nutritional requirements and unbalances. Universidad de Lleida, Abril 2012, Sobresaliente cum laude. Directores A. Abadía, J. Abadía

D.3.2- Jorge Rodríguez-Celma, Respuesta radicular a la deficiencia de Fe y la toxicidad por Cd. Universidad de Zaragoza, Enero 2012. Sobresaliente *cum laude* por unanimidad. **Premio Extraordinario de Doctorado 2012-2013**. Directores A.F. López-Millán, J. Abadía

En realización

D.3.3- Giuseppe Lattanzio. Applications of mass spectrometry to plant sciences. Universidad de Zaragoza, Enero 2012, fecha prevista final 2015. Directores A.F. López-Millán, J. Abadía

D.3.4- Elain Gutierrez-Carbonell. Proteómica de la homeostasis de metales en plantas. Universidad Autónoma de Madrid, fecha prevista verano 2015. Director J. Abadía, A.F López-Millán



D.3.5- Pablo Díaz Benito de las Huertas. Universidad de Zaragoza, fecha prevista verano 2016. Directores J. Abadía, A. Álvarez-Fernández

Tesis de Master

Dido Villarroya. Aplicación de técnicas de microscopía a la determinación de cambios morfológicos inducidos por deficiencia de hierro en *Medicago truncatula*, Diciembre 2012. Universidad de Zaragoza. Director J. Abadía

D4. Otras publicaciones derivadas de colaboraciones mantenidas durante la ejecución del proyecto y que pudieran ser relevantes para el mismo, así como artículos de divulgación libros, conferencias

Autores, título, referencia de la publicación...

D.4.1- Gogorcena Y, Larbi A, Andaluz S, Carpena RO, Abadía A, Abadía J (2011) Cadmium toxicity in cork oak (*Quercus suber* L.) plants. **Tree Physiology** 31, 1401-1412 (doi:10.1093/treephys/tpr114)^{Q1}

D.4.2- Navascués J, Pérez-Rontomé C, Sánchez DH, Staudinger C, Wienkoop S, Rellán-Álvarez R, Becana M (2012) Oxidative stress is a consequence, not a cause, of aluminum toxicity in the forage legume *Lotus corniculatus*. **New Phytologist** 193, 625-636. (doi: 10.1111/j.1469-8137.2011.03978.x)^{Q1}

D.4.3- Sobrino-Plata J, Carrasco-Gil S, Abadía J, Escobar C, Álvarez-Fernández A, Hernández LE (2014) The role of glutathione in mercury tolerance resembles its function under cadmium stress in *Arabidopsis*. **Metalomics** 6, 356-66 (doi: 10.1039/c3mt00329)^{Q2}

D.4.4- Solti A, Kovács K, Muller B, Vázquez S, Tóth B, Abadía J, Fodor F (201x) Does a voltage-sensitive outer envelope transport mechanism contribute to the chloroplast iron uptake? Submitted.

D.4.5- Ojeda-Barrios DL, Perea-Portillo E, Hernández-Rodríguez OA, Martínez-Téllez J, Abadía J, Lombardini L (2014) Foliar fertilization with zinc in pecan trees. **HortScience** 49, 562-566^{Q2}

E. Personal activo en el proyecto

Relacione la situación de todo el personal de las entidades participantes que haya prestado servicio en el proyecto en la anualidad que se justifica, o que no haya sido declarado anteriormente, y cuyos costes (salariales, dietas, desplazamientos, etc.) se imputen al mismo

	Nombre	NIF/NIE	Catg. ^a profesional	Incluido solicitud original	Si no incluido en solicitud original:		
					Función en el proyecto	Fecha de alta	Observaciones
1	Abadía Bayona, Javier	17850563X	Prof Investigación CSIC	S			
2	López-Millán, Ana Flor	29101691K	Científico Titular CSIC	S			
3	Álvarez-Fernández, Ana María	09392534R	Científico Titular CSIC	S			
4	Morales Iribas, Fermín	18204666M	Investigador Científico CSIC	S			
5	Rellán-Álvarez, Rubén	71644347Z	Cont. CSIC	S			Finalización de contrato 29/02/2012
6	Giuseppe Lattanzio	X9168479N	Becario FPI	S			Finalización de beca 31/10/2012
7	Rodríguez-Celma,	72986569W	Becario CSIC				Finalización de beca



	Jorge						31/03/2011
8	Oliver Fiehn	249858032	Inv. USA	S			
9	Ma, Jian Feng	TG7146756	Inv. Japón	S			
10	Fodor, Ferenc	ZE599425	Inv. Hungría	S			
11	Grusak, Michael	820307839	Inv. USA	S			
12	Ortega, María Cristina	44579019M	Temporal		Técnico GP3	14-07-10	Contratada a cargo de proyecto
13	Díaz Benito de las Huertas, Pablo	51083132V	Becario FPI		Tesis Doctoral	01-08-10	Predctoral asignado al proyecto

-En este capítulo solo debe incluir al personal vinculado de las entidades participantes en el proyecto. Los gastos de personal externo (colaboradores científicos, autónomos...) que haya realizado tareas para el proyecto deben ser incluidos en el capítulo de "Varios".

-Las "Altas" y "Bajas" deben tramitarse de acuerdo con las instrucciones para el desarrollo de los proyectos de I+D+i expuestas en la página web del ministerio.



F. Gastos realizados durante la anualidad

Debe cumplimentarse este apartado independientemente de la justificación económica enviada por la entidad

Se recomienda consultar las instrucciones para la elaboración de los informes de seguimiento científico-técnico de proyectos

F1. Gastos de personal (indique número de personas, situación laboral y función desempeñada)				
	Nombre	Situación laboral	Función desempeñada	Importe
1	María Cristina Ortega Palmeiro	Contratada laboral GP 3		13.133,18
Total gastos de personal				13.133,18

Cree tantas filas como necesite

F2. Material inventariable (describa el material adquirido)				
	Identificación del equipo	Descripción del equipo	Importe	Previsto en la sol. original (S/N)
1				
2				
Total gastos material inventariable				

Cree tantas filas como necesite

F3. Material fungible (describa el tipo de material por concepto o partida, p. ej., reactivos, material de laboratorio, consumibles informáticos, etc.)				
	Concepto	Importe	Previsto en la sol. original (S/N)	
1	Diverso material fungible	19.213,95	S	
2				
Total gastos material fungible		19.213,95		

Cree tantas filas como necesite

F4. Viajes y dietas (describa la actividad del gasto realizado y <u>las personas que han realizado la actividad</u>). Debe incluir aquí los gastos derivados de la asistencia a congresos, conferencias, colaboraciones, reuniones de preparación de propuestas relacionados con éste proyecto, etc.)				
	Concepto	Importe	Nombre del participante	Previsto en la sol. original (S/N)
1	Realización de experimentos en Univ. Lérida y ICA-CSIC Madrid (aislamiento savia xilema/floema)	316,2	PABLO DÍAZ	N
2	Asistencia Symposium Optichina (Beijing, PR China)	319,69	JAVIER ARMANDO ABADIA BAYONA	N
3	Realización de experimentos en ICA-CSIC Madrid (aislamiento savia floema)	92,4	PABLO DÍAZ	N
4	Toma de muestras en Univ. Lérida (aislamiento savia xilema/floema)	163,8	PABLO DÍAZ	N
5	Toma de muestras en Univ. Lérida (aislamiento savia xilema/floema)	153,3	PABLO DÍAZ	N
6	Toma de muestras en ICA-CSIC Madrid (aislamiento savia floema)	92,4	PABLO DÍAZ	N
Total viajes y dietas		1.137,79		

Cree tantas filas como necesite

F5. Otros gastos (describa por concepto; debe incluir aquí, entre otros, los gastos derivados de personal no incluido en el equipo de trabajo indicando la actividad a la que corresponde dicho gasto, así como el gasto derivado de la inscripción a congresos o conferencias)				
	Concepto	Importe	Nombre del	Previsto en la sol.



			participante	original (S/N)
	SERVICIOS DE ANÁLISIS	1.437,35		S
1	Inscripción a Congreso ISINIP	350,00	Ana Flor López-Millán	S
	Envíos muestras	1472,5		S
1	Mantenimiento página web	880		S
1	Publicación Frontiers	770		S
Total otros gastos		5.149,73		

Cree tantas filas como necesite

F6. Total ejecutado (costes directos únicamente)	
Importe total ejecutado durante la anualidad	37.496,86

F7. Descripción de gastos no contemplados en la solicitud original (si ha realizado algún gasto no contemplado en la solicitud original, justifique la necesidad de su adquisición en este apartado)
Algunos de los gastos de viaje no estaban previstos en la solicitud, pero han sido convenientes y/o necesarios en el desarrollo del proyecto. Se trata de parte del viaje para la presentación de los resultados en Beijing (los gastos fueron sufragados en su mayor parte por la organización del Simposio) y los viajes la Universidad de Lleida para muestreo de xilema y realización de experimentos con genotipos de arroz ricos en metales.

G. Gastos realizados desde el inicio del proyecto

Importe total ejecutado (costes directos únicamente)	211.575,91
---	-------------------