

Aplicaciones de Internet de las Cosas

SIPIA6 - Red de Sensores Inalámbricos con IPv6

Gustavo. Mercado*, Roberto Borgo[§], Francisco Gonzalez Antivilo[§], Carlos Taffernaberry*, Ana Diedrichs*, Matías Aguirre*, María Inés Robles*, Guillermo Grünwaldt*, Germán Tabacchi*, Sebastián Tromer*, Matías Pecchia*

*gridTICS – Grupo UTN de I&D en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
Departamento de Electrónica - UTN Facultad Regional Mendoza
Rodríguez 273, Capital - Mendoza
{gustavo.mercado,carlos.taffernaberry, ana.diedrichs, matias.aguirre}@gridtics.frm.utn.edu.ar

§ Cátedra de Fisiología Vegetal
Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo
Alte Brown 500, Chacras de Coria, Lujan de Cuyo - Mendoza
rborgo@fca.uncu.edu.ar, fgonzalezantivilo@gmail.com

Resumen

El proyecto consiste en el diseño y validación del comportamiento de una red de sensores inalámbricos en la adquisición de parámetros ambientales de parcelas agrícolas, con acceso de forma nativa a Internet, denominada SIPIA6.

Se trata de la continuación de Red SIPIA, actualmente implementada en una parcela agrícola de prueba. La red SIPIA está basada en la norma IEEE 802.15.4, aplicada al entorno agropecuario en el ámbito de agricultura de precisión, con participación de ingenieros e investigadores agrónomos. Gracias a los desarrollos que se han producido en las redes de sensores inalámbricos en los últimos años, especialmente la miniaturización de los dispositivos, han surgido nuevas tendencias en el sector agrícola como la llamada agricultura de precisión. Esta disciplina cubre múltiples prácticas relativas a la múltiple toma de datos para aplicar en la gestión y toma de decisiones de cultivos y animales. Por medio de sensores estratégicamente situados, se realizará un monitoreo de la temperatura y/o la humedad relativa, con el fin de proveer de gran cantidad de datos confiables para la investigación agronómica.

La diferencia principal de la Red SIPIA6 es que sus nodos WSN serán visibles desde Internet y accesibles mediante protocolos y procedimientos estándares. El proyecto permitirá, por lo tanto, extender la visibilidad de una red de sensores agrícola y por lo tanto convertir a SIPIA6 en una aplicación de Internet de las Cosas

Palabras Clave

Redes de Sensores, IEEE 802.15.4, Agricultura de Precisión, Internet de las Cosas, 6lowPAN, , Data Logger, Sensado remoto, Microclima

Contexto

El proyecto se enmarca en el convenio de cooperación científica/tecnológica entre la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCuyo y la Facultad Regional Mendoza de la Universidad Tecnológica Nacional, con financiamiento de ambas instituciones y es llevado adelante por personal del GRIDTICS y la Cátedra de Fisiología Vegetal.

En la FRM se inserta en el proyecto PID 25/J071 “LIVRES: Análisis y evaluación de características relevantes de las redes de sensores inalámbricos aplicadas al manejo y sensado en agricultura de precisión” y el proyecto PICT2010-22 “RED SIPIA - Red de Sensores inalámbricos para investigación Agronómica”.

En la FCA se inserta en los siguientes proyectos:

-2010 - proyecto “Mecanismo de resistencia a temperaturas subcero en tejidos leñosos de Vitis vinifera cv Malbec. Doctorando: Ing. Agr. González Antivilo.

Introducción

Gracias a los avances y reducción de costos en dispositivos electrónicos y de comunicación inalámbrica, es posible construir dispositivos sensores multifuncionales y multipropósito de bajo costo que operan con poca energía, de un tamaño pequeño, y de una capacidad de comunicación a corta distancia. Estos dispositivos se denominan motes [1], y constan de una unidad de procesamiento con un poder de cómputo mínimo, memoria, una unidad de comunicación inalámbrica y uno o varios dispositivos de sensado que capturan parámetros como temperatura, aceleración, humedad, etc. Un conjunto de motes comunicados entre sí es lo que conocemos como una red de sensores inalámbrica (Wireless Sensor Network o WSN) [2].

Una red de sensores está compuesta por varios motes que se encuentran esparcidos en un área determinada. La distribución de los mismos puede ser aleatoria o planeada, lo cual permite su uso en prácticamente en cualquier ambiente físico. Esta característica es provista por un conjunto de protocolos y algoritmos para redes de sensores. Otro de los beneficios que caracteriza a una red de sensores es que sus nodos pueden trabajar de modo cooperativo, aumentando sus posibilidades de aplicación. Además, gracias a la capacidad de cómputo de los mismos, más allá que sea mínima, éstos pueden parcialmente, procesar los datos capturados antes de comunicarlos a la red.

La agricultura de precisión consiste en el uso de sistemas de información basados en diversas tecnologías aplicadas al ámbito de la producción agraria. Algunas de las tecnologías aplicables serían; Redes de Sensores Inalámbricos (WSN), Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), evaluación de espectroscopia en el

infrarrojo cercano (NIR), Sistemas de Información Geográfico (SIG). Sistemas que proporcionan medios de observación, evaluación y control de las prácticas agrícolas.

La búsqueda de modelos de cultivos, tanto protegidos (en invernaderos) como en campo abierto, ha sido tradicionalmente un reto puesto que la recolección de información de las diversas variables involucradas es un proceso complejo. Con el advenimiento de las redes de sensores la recolección de información puede precisarse arbitrariamente tanto en el tiempo como en el espacio.

Tradicionalmente estos modelos se han establecido de forma empírica, basados en la experiencia, observación visual e intuición de los agricultores [3], lo que usualmente implica que los modelos están lejos de ser óptimos, siendo una de las limitantes más importantes la escasa resolución espacial alcanzada. Las redes de sensores permiten recopilar información con nuevos niveles de resolución espacial y temporal que brinda el soporte para la elaboración de nuevos modelos o el perfeccionamiento de los existentes.

Ya en el año 2004 Beckwith et. al. [4] establecieron ventajas de utilizar redes de sensores, contra sensores aislados o recolectores de datos (data loggers) en aplicaciones agronómicas, particularmente en el caso de viñedos. Aún en pequeñas extensiones menores a una hectárea las redes requieren menos tiempo de instalación y de recolección de datos, y son además más fáciles de mantener. Estas proveen además capacidad de reaccionar en tiempo real, de acuerdo a los datos recolectados, ya sea disparando alarmas sobre situaciones que deben ser atendidas manualmente, o activando dispositivos que puedan compensar eventos no deseados, por medio de mecanismos de irrigación, sistemas de ventilación, iluminación, etc. Un año antes la Universidad de Carnegie Mellon desarrolló una red de sensores para facilitar las operaciones en un vivero [5], midiendo temperatura y humedad relativa del aire y del suelo y luz, activando actuadores dependiendo de los datos medidos para alterar la circulación de aire, la luminosidad y la temperatura.

En [6] se presenta un panorama de la tecnología de redes inalámbricas de sensores, aptas para ser aplicadas en aplicaciones agrícolas y de la industria alimentaria. Se presentan comparaciones entre estándares inalámbricos de transmisión (WiFi, Bluetooth y ZigBee). También se mencionan los estándares para transductores inteligentes (IEEE1451) y su enlace (IEEE1451.5). En el mencionado documento se clasifican las aplicaciones de redes de sensores en agricultura y la industria alimentaria en 5 grupos, incluyendo el que nos involucra, agricultura de precisión.

La visión detrás de la Internet de las Cosas [7] es que los dispositivos embebidos, también llamados "smart objetos", están cada vez más universalmente conectados a Internet y que son una parte integral de la misma.

La Internet de las cosas, a veces denominada "internet embebida orillera", es un cambio mayúsculo y el mayor desafío a la Internet actual. La misma está "hecha" con dispositivos embebidos conectados a Internet, lo que incluye sensores, máquinas, lectores de RFID y

equipamiento de automatización de edificios, solo para nombrar unas pocas aplicaciones. El exacto tamaño de la Internet de las cosas es difícil de estimar pero se asume que pronto su tamaño excederá en de la Internet actual.

El Wireless Embedded Internet es un subconjunto de la Internet de las cosas y son aquellos dispositivos embebidos de recursos limitados, a menudo operados por baterías y conectados a Internet a través de redes inalámbricas de baja potencia y bajo ancho de banda. 6LoWPAN [8] fue desarrollado para hacer posible Wireless Embedded Internet simplificando las funcionalidades de protocolo de internet IPv6, definiendo un encabezamiento muy compacto y tomando en cuenta la naturaleza de las redes inalámbricas.

El estándar IEEE 802.15.4

El estándar IEEE 802.15.4 [9] define las características de la capa física y de la capa de control de acceso al medio (MAC) para redes inalámbricas de área personales (WPAN, Wireless Personal Area Networks) de baja tasa de transmisión. Este estándar no establece un nivel de red pero sí plantea parámetros para su implementación. Las ventajas de utilizar el estándar IEEE 802.15.4 es que permite la utilización de dispositivos de fácil instalación que proveen transmisiones confiables a distancias cortas a un precio muy bajo. Por otro lado, el estándar IEEE 802.15.4 permite proporcionar un tiempo de vida razonable al utilizar fuentes de energía limitada (e.j. baterías alcalinas) y al mismo tiempo proporciona una pila de protocolos simple. Las características generales, presentadas son: tasas de transferencias de 250Kb/S, 40Kb/S y 20Kb/S, manejo de redes en estrella y malla (peer-to-peer), direccionamiento corto con 16 bits y extendido con 64 bits, garantía del manejo de las ranuras de tiempo, detección de los niveles de energía recibidos, indicadores de calidad en el enlace así como de conmutación de canales para recibir paquetes, acceso al canal por CSMA/CA. El estándar de comunicaciones IEEE 802.15.4 ofrece dos tipos de dispositivos que participan en la red, estos son: FFD (Full Function Device), dispositivo con todas las funciones y RFD (Reduced Function Device) dispositivo con funciones reducidas. Dependiendo de la aplicación el estándar permite operar en una de dos topologías: la estrella (Star) o punto a punto (peer-to-peer).

El estándar 6LoWPAN

6LoWPAN es un acrónimo de "IPv6 sobre redes área personal inalámbricas y baja potencia" [8] y también 6LoWPAN es el nombre de un grupo de trabajo en el área de Internet del IETF.

El concepto 6LoWPAN fue originado por la idea de que "el Protocolo de Internet puede y debe ser aplicada incluso a los más pequeños dispositivos", [10] y que los dispositivos de baja potencia con capacidades de procesamiento limitadas deben ser capaces de participar en el Internet de las Cosas.

El objetivo inicial [11] fue definir una capa de adaptación para hacer frente a las exigencias impuestas por IPv6, tales como el aumento del tamaño de la dirección y la

MTU byte de 1280. Se han definido mecanismos de encapsulación y compresión de cabecera que permiten a los paquetes IPv6 ser enviados y recibidos en redes basadas en de IEEE 802.15.4 con MTU más pequeñas. La compresión produce cabeceras veces tan pequeñas de como sólo 4 bytes, mientras que al mismo tiempo permite el uso de diferentes tipos de redes de malla y gestiona la fragmentación y reensamblaje donde sea necesario [12].

El objetivo de la creación de redes IP para la comunicación de radio de baja potencia son las aplicaciones que requieren conectividad inalámbrica a Internet a velocidades de datos bajas en dispositivos con muy limitadas cualidades. Los ejemplos podrían incluir, pero no están limitados a: aplicaciones de automatización y entretenimiento en entornos del hogar, la oficina y la fábrica. También a la adquisición de datos en ambientes agrícolas o naturales.

Líneas de investigación y desarrollo

El grupo de Redes de Sensores Inalámbricos, perteneciente al grupo UTN GridTICS, se forma por iniciativa de algunos de sus miembros en el año 2008 y comienza con el estudio de la tecnología para la capacitación y luego la adquisición de elementos y dispositivos para la conformación del laboratorio de WSN. El grupo ha realizado publicaciones [13], presentación en congresos [14,15,16,17], cursos de grado y posgrado y asistencia a tesinas de grado [18,19] y tesis de posgrado en curso.

El grupo de tecnología IPv6, perteneciente al grupo UTN GridTICS, se constituye en 2005 y ha tenido una vasta actividad y experiencia y es reconocido como uno de los grupos pioneros en IPv6 de la región. El grupo ha realizado publicaciones [20], presentación en congresos [21,22,23], cursos de grado y posgrado y asistencia a tesinas de grado [24] y tesis de posgrado. Además de participar activamente en las iniciativas de ISOC y de LANIC para la promoción y difusión de IPv6 [25,26,27], siendo también socio activo de la IPv6 Task Force Argentina [28].

La cátedra de Fisiología de la UNC posee una amplia trayectoria en la investigación de respuestas fisiológicas y ecofisiológicas de cultivos de gran importancia económica para la región, como son, la vid, ajo y la cebolla. La cátedra y sus integrantes han contribuido al conocimiento de respuestas fisiológicas relacionadas a la calidad de los frutos de vid dependiendo de condiciones ambientales y culturales, y la participación de sus fotoasimilados. Los integrantes del grupo de trabajo acreditan presentaciones y asistencia a congresos [29, 30, 31, 32, 33], y participación en estudios de posgrado [34, 35, 36] y publicaciones [37, 38, 39, 40, 41, 42].

Objetivos y Resultados

Objetivo principal

Diseñar y validar el comportamiento de una red de sensores inalámbricos en la adquisición de parámetros

ambientales de parcelas agrícolas, con acceso de forma nativa a Internet.

Objetivo secundario

Adaptar la red de sensores inalámbricos SIPIA para convertirla en una aplicación de Internet de las Cosas

Para establecer los requerimientos para la aplicación de redes de sensores inalámbricos en investigación agrícola:

- Se plantearon escenarios típicos de uso de sensores inalámbricos.

- Se plantearon escenarios de condiciones ambientales a las cuales estarán sometidos los sensores. Se experimentarán las diferentes condiciones de temperatura, humedad, radiación, e incluso condiciones de pH (si estuviese dentro del vegetal) a los cuales podrían estar sometidos los cultivos.

- Se determinaron los requerimientos físicos y mecánicos de los sensores. En base a los escenarios planteados anteriormente determinar los requerimientos físicos para el correcto funcionamiento. Esto incluye aspectos de protección física contra factores como radiación, humedad, fauna, aunque también aspectos de fácil obtención de datos y uso del instrumental.

- Se determinaron los requerimientos del software para la recolección de datos. En base a la experiencia con software de adquisición de datos de sensores se analizarán los requerimientos para la obtención de un software de fácil uso, con funciones de análisis numérico y gráfico.

- Se realizaron la especificación de la red. Para lo cual es necesario especificar con el máximo detalle la red de sensores prototipo que se utilizará.

Para transformar la red SipiA en una aplicación de Internet de las Cosas:

- Se debe definir la tecnología de conectividad a Internet apropiada para la red SIPIA

- Se debe definir el tipo de dispositivo que proporcionará la interfaz entre la WSN y Internet. En primera instancia se propone el uso de un edge router desarrollado sobre una plataforma diferente que haga de pasarela entre la red y la Internet

- Se debe definir la forma en que los datos producidos por los sensores serán visualizados desde Internet. Determinado los protocolos más adecuados para la aplicación de toma de datos de parcelas agrícolas.

Avances y resultados preliminares

Se desarrolló un prototipo de red basado en la norma IEEE 802.15.4 [9] para las capas física y enlace. Se prefiere el desarrollo propio para las capas superiores, tomando como prioridad optimizar la red para bajo consumo energético. El objetivo es por lo tanto disminuir el mantenimiento del sistema. Se diseñó e implementó un sistema de gestión que permite prever y determinar el tiempo de agotamiento de baterías, para un mote en particular. Para ello se usan como parámetros el hardware instalado, tipo de baterías y tipo de mote y el protocolo de administración de la energía utilizado.

Se diseñó un sencillo algoritmo de enrutamiento de datos específico para dicho prototipo, buscando maximizar el rendimiento energético del sistema, reduciendo el

overhead. El método antedicho, permite minimizar el procesamiento necesario por parte del mote y reducir el consumo por la transmisión de paquetes pequeños.

Se implementó y ensayó un protocolo de propagación de sincronismo, determinando la mejor relación entre el bajo consumo y el menor error admisible. Se optó por un esquema centralizado, en el cual se resincroniza la red de manera pasiva, habiendo determinado de manera experimental la cantidad mínima de tiempo necesaria entre sincronizaciones sucesivas.

Se implementó un software de gestión en línea. Para el que se estudiaron casos de aplicación y se realizó un relevamiento de requerimientos para el desarrollo de la interfaz humana y de carácter funcional. La versión preliminar prototipo del software para los ensayos en campo tiene las siguientes características:

- Backend desarrollado sobre servidor Debian/Linux, base de datos relacional Mysql y tecnologías Java en el servidor web Apache Tomcat.

- Autenticación segura y conexión cifrada.

- Gestión de la conexión TCP/IP con el Gateway

- Diseño y desarrollo de un protocolo de primitivas para la comunicación con el gateway.

Formación de Recursos Humanos

Este proyecto de investigación posibilita la colaboración inter-institucional y la ejecución de proyectos conjunto entre grupos I+D de diferentes disciplinas y por lo tanto formar recursos humanos para la proyección académica, científica e industrial de los temas tratados.

En el proyecto participan dos doctorandos con becas ANCYT, un doctorando con becas UTN, dos doctorandos docentes UTN un investigador graduado con becas BINID UTN y seis becarios alumnos con beca UTN

Referencias

[1] D. Culler and W. Hong. Eds. Special issue on Wireless Sensor Networks. Communications of the ACM, 47(6):pag 30–34, June 2004

[2] Dargie, W. and Poellabauer, C., "Fundamentals of wireless sensor networks: theory and practice", John Wiley and Sons, 2010 ISBN 978-0-470

[3] T. Wark, P. Corke, P. Sikka, L. Klingbeil, Y. Guo, C. Crossman, P. Valencia, D. Swain, , y G. Bishop- Hurley. Transforming agriculture through pervasive wireless sensor networks. Pervasive Computing, pags. 50-57, Abril-Junio 2008

[4] R. Beckwith, D. Teibel, y P. Bowen. Report from the field: results from an agricultural wireless sensor network. In 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks, pags. 471-478, November 2004.

[5] W. Zhang, G. Kantor, y S. Singh. Integrated wireless sensor/actuator networks in an agricultural application. In Proceedings of the 2nd International Conference On Embedded Networked Sensor Systems, pag. 317, 2004.

[6] N. Wang, N. Zhang, y M. Wang. Wireless sensors in agriculture and food industry recent development and future perspective. Computers and Electronics in Agriculture, 50(1):1{14, Enero 2006.

[7] Kevin Ashton, "That 'Internet of Things' Thing", RFID Journal, 22 July 2009. Retrieved 8 April 2011

[8] Shelby and Bormann, "6LoWPAN: The Embedded Internet", Wiley, 2009

[9] IEEE 802.15 Working Group for WPAN. <http://www.ieee802.org/15/>

[10] Geoff Mulligan, "The 6LoWPAN architecture", EmNets '07 Proceedings of the 4th workshop on Embedded networked sensors, ACM New York, 2007

[11] G. Montenegro, J. Hui, D. Culler, "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks", RFC 4944, IETF, September 2007

[12] N. Kushalnagar, G. Montenegro, C. Schumacher, "IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals", RFC 4919, IETF, August 2007

[13] Aguirre M, Egea M, Godoy P, Martínez J, Generale S, Mercado G y Robles J, "Nota de Aplicación NA036: Alarma Anti – Robo inalámbrica ZIG BEE con transceiver MC 13192 contenido en módulo de radio (ANT – ZigBee)", Electrocomponentes SRL, Dic 2008.

[14] G. Mercado, A. Diedrichs y M. Aguirre "The Wireless Embedded Internet", Annals of CASE 2011, ISBN 978-987-9374-69-6, Buenos Aires Marzo 2011

[15] G. Mercado, R. Borgo, F. Gonzalez Antivilo, G. Ortiz Uriburu, A. Diedrichs, P. Farreras, M. Aguirre, F. Battaglia, G. Tabacchi, S. Tromer, "SIPIA Net: Wireless Sensor Network for Agronomical Research", Anales del WICC 2011. XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, ISBN 978-950-673-892-1, UNR Editora. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario, 2011

[16] G. Mercado, R. Borgo, F. González Antivilo, G. Ortiz Uriburu, A. Diedrichs, P. Farreras, M. Aguirre, F. Battaglia, G. Tabacchi, S. Tromer, "Uso de Sensores Inalámbricos como Herramienta para Investigación Agronómica", 1º Simposio Argentino de Viticultura y Enología. Mendoza, Noviembre 2011

[17] G Mercado, R Borgo, F Gonzalez Antivilo, G Ortiz Uriburu, A Diedrichs, S Tromer, N Ledezma, M Aguirre, C Panella, G Tabacchi, J Martí, G Grünwaldt, I Rigoni, G Antón, F Chamorro, R Moreno, S Pérez, "RED DE SENSORES SIPIA Avance del Proyecto, WICC 2012, XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, Universidad Nacional de Misiones (UNAM) - Posadas - Misiones - Argentina 26 y 27 de Abril de 2012.

[18] J. Martínez, "Leistungsbewertung eines Lokalisierungsalgorithmus in drahtlosen Sensoren", tesina de diplomatura, Technische Universität Dresden - Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik - Institut für Nachrichtentechnik, 2009

[19] G. Bloch, "Implementierung eines Lokalisierungsalgorithmus in drahtlosen Sensoren", tesina de diplomatura, Technische Universität Dresden - Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik - Institut für Nachrichtentechnik, 2009.

[20] Cristian Pérez Monte, María Inés Robles, Gustavo Mercado, Carlos Taffernaberry, Marcela Orbiscay, Sebastián Tobar, Raúl Moralejo y Santiago Pérez,

“Implementation and Evaluation of Protocols Translating Methods for IPv4 to IPv6 Transition”, *Journal of Computer Science & Technology*, ISSN 1666-6038 Vol. 12 No. 2 August 2012

[21] Carlos Taffernaberry “6LoWPAN - IPv6 para WSN”, SASE - Simposio Argentino de Sistemas Embebidos 2012, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Agosto 2012.

[22] Gustavo Mercado, Cristian Pérez Monte, Carlos Taffernaberry, María Inés Robles, Marcela Orbiscay, Sebastián Tobar, Raúl Moralejo, y Santiago Pérez, “Implementación y Evaluación de métodos de Traslación de Protocolos para la transición IPv4-IPv6”. *Anales del CACIC 2011*, ISBN 978-950-34-0756-1, UNLP, La Plata, Octubre 2011.

[23] C. Taffernaberry, G. Mercado, S. Tobar, C. Pérez Monte, P. Clérigo, I. Robles, M. Orbiscay, S. Pérez, R. Moralejo, “PMIP6: Análisis, Evaluación y Comparación de ambientes Proxy Mobile IP en versión 6, aplicado a Redes de Avanzada”, *Anuales del WICC 2011*. XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación, ISBN 978-950-673-892-1, UNR Editora. Editorial de la Universidad Nacional de Rosario, 2011

[24] Carlos Tiviroli, Andres Gatti, Gustavo Mercado y Carlos Taffernaberry "QoSIP Meter: Sistema de determinación de condiciones de calidad de servicio en transmisiones de audio/vdeo en tiempo real sobre Internet" *CASE 2012 LIBRO DE TRABAJO* pag. 263-264 ISBN 978-987- 9374-82- Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Agosto 2012.

[25] Robles I, Orbiscay M. "Educatando en IPv6 a través de Conferencias y Talleres Abiertos", *LANIC 18/ LACNOG 2012*, Montevideo, Uruguay, Oct 2012

[26] G. Mercado y C. Taffernaberry, "6LoWPAN IPv6 for Wireless Sensor Network", *LACNIC XVI LACNOG 2012 ION*, Buenos Aires, Oct 2011

[27] G. Mercado “6LoWPAN IPv6 for Wireless Sensor Network”, 9º Foro Latinoamericano de IPv6 – FLIP6, *LACNIC XV 2011*, Cancun - Mexico 15 al 20 de mayo de 2011.

[27] Task Force IPv6 AR www.ipv6.org.ar

[28] Cambio climático en la Cordillera de los Andes. Dictado por CCT. Característica: curso de posgrado. Participación: asistente. Ing. Agr. Francisco Gonzalez Antivilo - Ing. Agr. Gisela Ortiz Uriburu

[29] Workshop Ecofisiología de la Vid. Participación como Organizador. MSc Roberto Borgo

[30] XI Congreso Latinoamericano de viticultura y enología, Tema: “Partición de fotoasimilados, en vides con diferente potencial vegetativo, con afecciones en la relación fuentes/destinos. Autores: Borgo, R; Gonzalez Antivilo, F; Gamboa, D; Cavagnaro, B; Perez Peña, J; Solanes, Lugar: Mendoza, Argentina.

[31] SeCyT(U.N.Cuyo2007-2009) Tema: Aspectos fisiológicos y manejo de viñedos afectados por granizo. (Roberto Borgo:Co-Director).

[32] SeCyT (ANPCyT) 2007 “Estudio exploratorio sobre el impacto del Cambio Climático en cultivos agrícolas de

la Región Cuyo” del Programa de Recursos naturales, medio ambiente y Prevención de catástrofes (participante por INTA).

[33] SeCTyP (UNCuyo). 2009/11. Efecto de altas temperaturas, estrés hídrico y ácido abscísico sobre el crecimiento, producción, composición de bayas y de los vinos obtenidos en *Vitis vinifera L. cv Malbec*

[34] Proyecto “Estudio del efecto de las altas temperaturas sobre la fisiología y la calidad de uva de *Vitis vinifera var Malbec*”. Doctorando: Ing. Agr. Ortiz Uriburu.

[35] Proyecto “Mecanismo de resistencia a temperaturas subcero en tejidos leñosos de *Vitis vinifera cv Malbec*”. Doctorando: Ing. Agr. González Antivilo.

[36] Ajuste de un método colorimétrico para la determinación de almidón en tejidos leñosos (en evaluación *Revista Enología*).

[37] Galñmarini, C.R.; R. Borgo; J. Gaviola y R.M. Tizio. 1988. "Efecto del ácido giberélico (AG3) sobre la producción de semillas de zanahoria (*Daucus carota L.*) cv. Flackkeé. I- Efecto de diferentes concentraciones y épocas de aplicación sobre la duración del ciclo vegetativo, rendimiento y calidad de semilla.

[38] BORG, R.; O.M.S. de FERNANDEZ; J.B. CAVAGNARO y G. ESTEVEZ 1992. "DESCANUTADO: Comentarios sobre posibles causas de la disparidad de resultados experimentales". *INFORAJO Suplemento 1 setiembre-diciembre 1992*.

[39] MAKUCH, M.A. y R. BORG. 1994 "Influencia del estado de madurez y almacenamiento de frutos de *Cucurbita moschata (Dutch.) cv Paquito-INTA*, sobre la calidad de la semilla". *Revista RIA*, Vol 25 (1): 97-106.

[40] STAHLSHMIDT, O.M.; J.B. CAVAGNARO y R. BORG. 1994. "Influence of planting date and seed cloves size on leaf area and yield of two garlic cultivars (*Allium sativum L.*)". In *Proceedings of the International Symposium on Edible Alliaceae ACTA HORTICULTURAE Nro 433 519-527. 1998*

[41] STAHLSCHMID, O.M.; J.B.CAVAGNARO y R. BORG" Growth- analysis of three garlic (*Allium sativum L.*) cultivars with differences in yield". Agosto 1994. In *Proceedings of the International Symposium on Edible Alliaceae ACTA HORTICULTURAE Nro 433 427-435. 1998*

[42] VALENTINE AJ, MORTIMER PE, LINTNAAR M, BORG R "Photosynthetic and nutritional responses of drought stressed arbuscular mycorrhizal grapevines", *SYMBIOSIS JOURNAL* Vol. 41, No. 3 (2006), pp. 127-134