

Desarrollo web de un Semáforo indicador de condiciones climáticas necesarias para realizar una correcta Aplicación de Agroquímicos en Fruticultura (Alto Valle de Río Negro y Neuquén)

Pablo Kogan¹, Guillermo Grosso¹, Carlos Magdalena², Dario Fernandez², Angel Rafael Muñoz², Andrea Betiana Rodriguez² y Gustavo Giorgetti³

¹ Universidad Nacional del Comahue
{pablo.kogan, guillermo.grosso}@fi.uncoma.edu.ar

² Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria
{carlos.magdalena, dario.fernandez, munoz.angel, rodriguez.andrea}@inta.gov.ar

³ Universidad Nacional de Río Negro
gustavo.giorgetti@gmail.com

Resumen El manejo de plagas en la fruticultura de la Norpatagonia se realiza en gran medida mediante la aplicación de agroquímicos con pulverizadoras hidroneumáticas. En este trabajo se presenta el desarrollo de un índice tecno-climático para mejorar esta tarea. El objetivo específico es realizar un sistema web y móvil, que muestre de una manera simple cuando se dan, o no, las condiciones para realizar aplicaciones de agroquímicos según la variación de las condiciones climáticas actuales y el pronóstico de los próximos días. Esta información será de gran utilidad para los productores frutícolas del Alto Valle de Río Negro y Neuquén ya que permitirá mejorar el proceso de toma de decisiones, para aprovechar al máximo la aplicación de los agroquímicos necesarios para obtener frutas de calidad que puedan competir en los mercados más exigentes, con el menor impacto ambiental posible.

Keywords: Ventana de Aplicación de Plaguicidas VAP, Desarrollo Web y Móvil, Agentes, Web-Service, Agro-meteorología, Fruticultura.

1. Introducción

La aplicación de agroquímicos es un proceso complejo, que debe ser controlado, porque puede generar efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente. Uno de los factores que inciden sobre dichos resultados son las condiciones atmosféricas al momento de la aplicación, que pueden producir una pérdida de productos agroquímicos por deriva (movimiento del producto en el aire, durante y después de la aplicación, que no alcanza el objetivo) o por evaporación debido al efecto combinado de altas temperaturas y baja humedad relativa. El

período durante el cual se dan las condiciones adecuadas se denomina “Ventana de Aplicación de Plaguicidas” (VAP)[1].

Es por ello que, al realizar una aplicación, el productor tiene que conocer bien cuáles son los rangos ambientales adecuados, dentro de los cuales se optimizan las condiciones de aplicación. Para esto es necesario considerar los datos actuales de temperatura, viento y humedad; y acceder a la información referida al pronóstico del tiempo para los próximos días. Toda esta información está distribuida en distintos sitios web sin una clasificación y agrupamiento que facilite su consulta y, por lo tanto, es necesario procesarla para definir los valores correctos de la ventana de aplicación. Los productores, al realizar un plan de aplicaciones de agroquímicos, analizan manualmente variables meteorológicas muy cambiantes. Una decisión incorrecta al momento de utilizar o no el equipo pulverizador puede provocar la pérdida de producto por lluvia, viento altas temperaturas o baja humedad relativa, con las siguientes consecuencias: aumento de los costos por tener que realizar nuevas aplicaciones, disminución de la calidad de la fruta, y daños ambientales por la deriva del agroquímico.

En la web existen abundantes sitios disponibles de calidad que pueden ser integrados y reutilizados como materia prima para generar información con valor agregado que enriquece a la fuente original. Este concepto se denomina mashup – aplicación web híbrida [4]. Para el caso particular de la información climática, existen muchas fuentes que mantienen actualizados los datos actuales y de pronósticos del tiempo que pueden ser aprovechados.

Analizando la situación actual del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, se observa que la región de la Norpatagonia contribuye con un 90 % a la producción de peras y manzanas total del país [1], que es uno de los principales exportadores de fruta de pepita en un mercado mundial competitivo con normas y reglas cambiantes. Para exportar hay que cumplir con normas que especifican el tipo de agroquímicos que se pueden utilizar haciendo énfasis en el cuidado de la fruta y del medio ambiente. En particular, la incorporación de innovación y desarrollos tecnológicos a nivel informático es muy necesaria en el área frutícola por estar pasando un periodo de crisis y reconversión [11].

La mejora en la toma de decisiones de los productores respecto a la aplicación de agroquímicos, a partir de contar con una herramienta de fácil lectura que agrupa toda la información de las variables meteorológicas al momento de la medición, así como el pronóstico y los valores límites sugeridos por los especialistas del INTA, redundará en un eficiente aprovechamiento y utilización del producto agroquímico. Esto tendrá efectos positivos en la disminución de costos de producción e impactos ambientales.

Entre los antecedentes que influyeron en el desarrollo de esta investigación, se encuentran: la realización por parte de uno de los autores de una pasantía en la Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle del INTA en Cmte. Guerrico,

Río Negro, en el marco de la carrera Especialización en Management Tecnológico de la Universidad Nacional de Río Negro sede Alto Valle y la participación en un proyecto destinado al desarrollo de una aplicación web para la gestión de los cuadernos de campos de fruticultura financiado por el SENASA, con la participación del INTA y de las Facultades de Ciencias Agrarias e Informática de la Universidad Nacional del Comahue [5]. Como resultado se desarrolló un sistema Web denominado Semáforo de Aplicación de Agroquímicos[6] que se diagramó con el diseño que muestra la Figura 1.



Figura 1. Aplicación web embebida dentro del sitio oficial del INTA.

El sistema se encuentra disponible en el sitio web del INTA desde Julio de 2014 [12]. Su funcionalidad principal es mostrar un semáforo que indica, a través del cambio de color, la existencia de las condiciones apropiadas para realizar aplicaciones de agroquímicos a partir de las variables climáticas informadas por una de las Estaciones Meteorológicas.

Además de los trabajos realizados por el INTA para el Alto Valle, existen varias experiencias en Brasil y Chile [3][2], enfocadas en establecer los rangos y periodos favorables para las ventanas de aplicación no contaminante de plaguicidas (VAP) en diferentes cultivos, que aportan a lo mencionado.

2. Problema de Investigación

El elevado costo de los agroquímicos, la posible pérdida del producto y la contaminación por deriva ocasionada por las condiciones climáticas (viento y lluvia) [1] son algunos de los motivos económicos y ecológicos que justifican el desarrollo del sistema que se propone. El objetivo de este trabajo es el aprovechamiento

de información disponible en la web proveniente de estaciones meteorológicas y proveedores de pronósticos, para ofrecerle al productor una herramienta simple que le permita decidir si realiza o no una aplicación de fertilizantes.

El sitio web del INTA ofrece la información meteorológica actualizada vinculada a su red de Estaciones Meteorológicas, así también, el sitio web de la AIC (Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro) ofrece la información actualizada del pronóstico del tiempo de la zona de la Norpatagonia. Toda esta información disponible en formas diferentes y en diversos formatos, presenta un desafío de estandarización de distintas fuentes de información, para lograr la interoperabilidad/integrabilidad deseada [4][7]. Existen otras fuentes de pronósticos y estaciones meteorológicas de organismos públicos y privados, nacionales e internacionales, que se podrán evaluar, establecer acuerdos de uso y estandarizar para poder comparar e integrar.

2.1. Análisis de variables meteorológicas

En [8] se realizó un análisis de doce temporadas sobre las variables meteorológicas de temperatura, viento, humedad y acumulación de agua, utilizando los parámetros y rangos (Tabla 1) que definen si se establecen las Condiciones Apropriadas para realizar Aplicaciones. Se observó que el 25,4% del tiempo la condición es “apropiada”, el 56,3% “no apropiada” y 18,3% “restringida”. Visto que durante la temporada, solo un cuarto del tiempo se dan las condiciones óptimas para realizar aplicaciones, es muy importante que el operador tenga a disposición una herramienta como la que se propone para tomar decisiones correctas.

Tabla 1. Parámetros que definen si se dan las condiciones para realizar Aplicaciones[8].

| Parámetro | Condiciones Apropriadas | Condiciones Restringidas | Condiciones NO Apropriadas |
|--------------------------|-------------------------|---|-------------------------------------|
| Viento (km/h) | $v < 14,4$ | $14,4 \leq v < 18$ | $18 \leq v$ |
| Temperatura (°C) | $t < 25$ | $25 \leq t < 28$ | $28 \leq t$ |
| Humedad (%) | $35 < h < 85$ | $(30 < h \leq 35) \vee$ $(85 \leq h < 90)$ | $(h \leq 30) \vee$ $(90 \leq h)$ |
| Acumulación de Agua (mm) | $ll \leq 0,2$ | - | $ll > 0,2$ |

3. Desarrollo del Semáforo

La aplicación que se encuentra disponible en el sitio web del INTA es un desarrollo en lenguaje JavaScript embebido en el sitio web del INTA, que muestra tres imágenes diferentes (Figura 1) en función de la información actualizada

de la Estación Meteorológica Automática (EMA) ubicada en Cmte. Guerrico perteneciente a la Estación Agropecuaria Alto Valle del INTA, situada en 39° 01' S y 67° 40' W.

Fragmento de Código del Agente en Prolog, aplicación de la Tabla 1.

```

agente :- parser(Observador),
           razonador(Accion),
           visualizador(Accion).
//agente reflexo con conocimiento completo
accion(verde):-
    temperatura(T), T < 25,
    viento(V), V<14.4,
    humedad(H), 35<H, H<85,
    lluvia(L1), L1 < 0.2.
accion(rojo):-
    temperatura(T), T > 28;
    viento(V), V>18;
    humedad(H), (30>H ; H>90);
    lluvia(L1), L1 > 0.2.
accion(amarillo):- not(accion(verde)), not(accion(rojo)).

```

3.1. Arquitectura

El desarrollo se ha abordado con la arquitectura de un agente que consiste en dos módulos:

- Observador: Abstrae la comunicación con el webservice REST [9] que provee la información climática. En el caso de la información climática actual se accede a los archivos de texto con la información actualizada de la estación.
- Parser: Extrae información climática y actualiza la base de conocimiento con las variables de viento, temperatura, humedad y lluvia necesarias para evaluar si se dan las condiciones de aplicación. Se abstrae esta acción porque puede haber diferentes formatos según el proveedor de la información climática, estaciones meteorológicas o proveedores de pronósticos.
- Razonador: Con la base de conocimiento actualizada por la visión de mundo obtenidas por el Parser y el Observador, este razonador trabaja como un agente reflexo simple [10] que aplica los rangos de la Tabla 1 y define la acción a seguir (rojo, amarillo o verde). A continuación se muestra un fragmento de código en Lenguaje de Programación Prolog del razonador que devuelve la acción “en verde” si las cuatro variables se cumplen; devuelve la acción “en rojo” si alguna de las 4 variables está fuera de los parámetros y “en amarillo” en caso contrario (cuando las variables deducen condiciones restringidas). La abstracción del razonador permite analizar diferentes tipos de lógicas (no-monotónicas y probabilísticas) [10] sin modificar la comunicación con la fuentes de la información.

- Visualizador: Muestra una de las tres imágenes del semáforo indicando: “en verde” y la leyenda “Condiciones de Aplicación Apropriadas”, cuando las variables meteorológicas están dentro del VAP; “en amarillo” y la leyenda “Condiciones de Aplicación Restringidas”, indicando precaución; “en rojo” y la leyenda “Condiciones de Aplicación NO Apropriadas” indicando que no es conveniente realizar pulverizaciones (Figura 3).

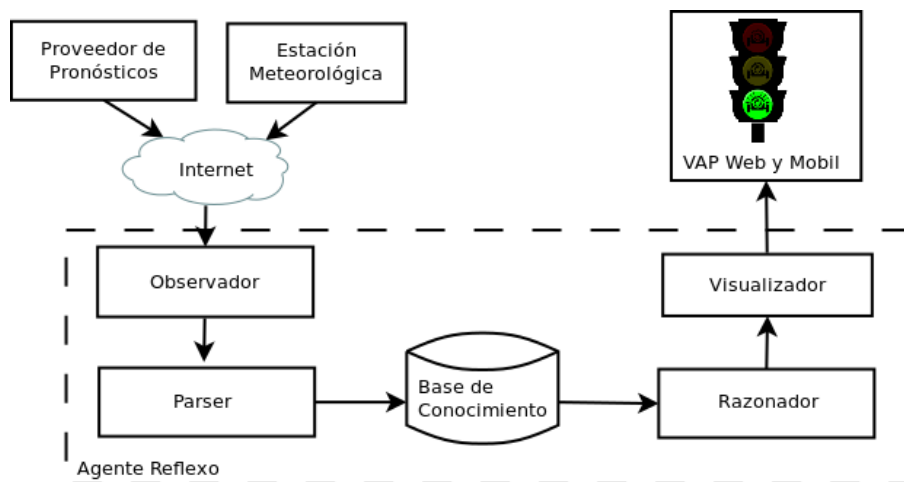


Figura 2. Arquitectura propuesta para el agente reflexo.

3.2. Estación Meteorológica

La estación meteorológica es del modelo VantagePRO de la marca Davis®[13], y está conformada por:

- La Estación propiamente dicha, que comúnmente está en un lugar alejado de las oficinas.
- La Consola, que puede estar conectada a la Estación por cable o en forma inalámbrica.
- Aplicación Weatherlink 5.6a desarrollado por el proveedor de la Estación para análisis de datos, que funciona en una PC – Windows a la que debe estar conectada la Consola.

Además de poder ver los datos en tiempo real, la Aplicación Weatherlink permite publicar en un servidor remoto, a través del protocolo File Transfer Protocol (FTP), archivos de texto plano separados por tabuladores con la información detallada del día, la semana y el mes. En el caso del INTA los mencionados archivos son actualizados de forma automática cada diez minutos. La Figura 3 muestra el esquema de comunicación de la estación Meteorológica con el semáforo.

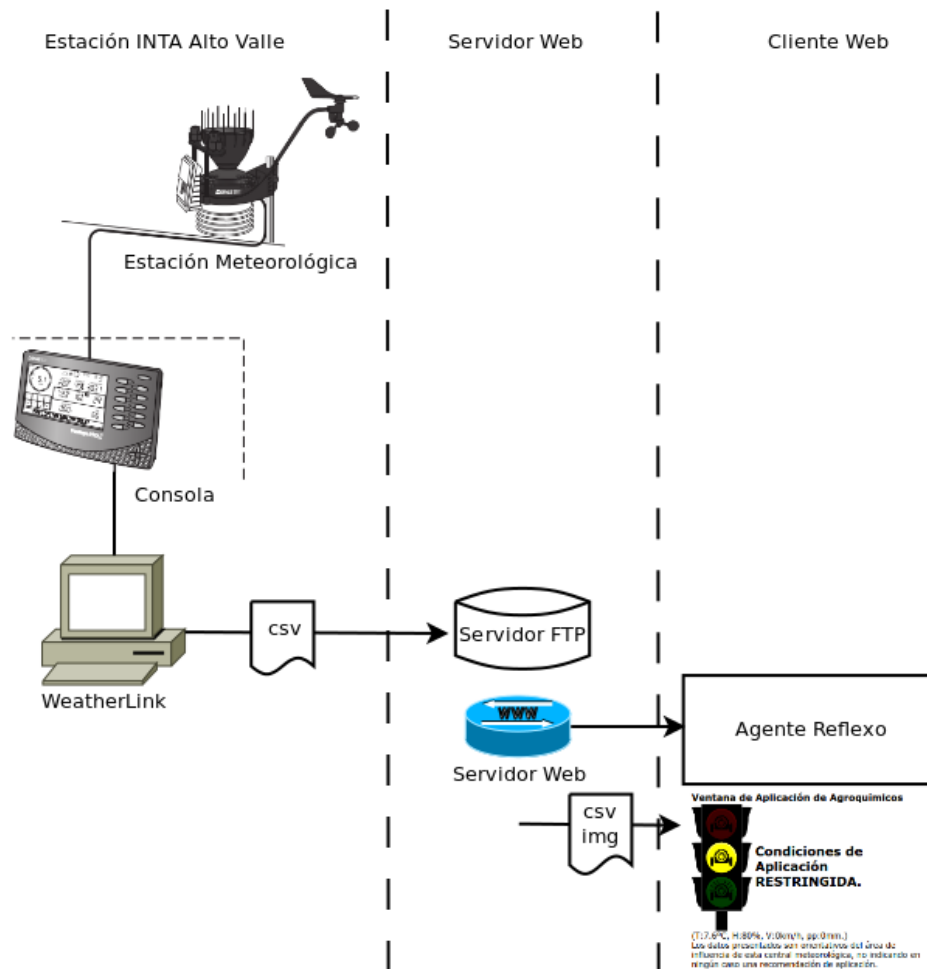


Figura 3. Esquema de comunicación Estación-Servidor Web-Cliente Web.

3.3. Proveedores de pronósticos

Al momento de realizar la planificación semanal de aplicaciones de agroquímicos se analiza a futuro si las condiciones climáticas van a ser favorables en función de los proveedores de pronósticos. Para agilizar esta tarea se ha mejorado el semáforo de aplicación vinculado a los pronósticos del tiempo con el objetivo de agregar información de valor para la toma de decisiones, sobre todo cuando se pretende ser más preciso y optimizar los costos. El desarrollo se encuentra en etapa de prototipo funcional en formato web responsive (adaptable a cualquier dispositivo).

Para realizar la selección del proveedor de pronósticos, se ha hecho un registro diario de tres proveedores del valle de Río Negro y Neuquén sobre la zona donde se encuentra la estación meteorológica, para analizar estadísticamente si la información que proveen se aproxima a los valores reales. El proveedor seleccionado tiene una API REST en formato XML con la información de los pronósticos de las variables temperatura, humedad, viento y lluvia, de cada hora de los próximos cinco días.

Hoy Domingo 30/04/2017

| Momento | VAP | T °C | H % | V km/h | pp mm | Condiciones |
|-----------|---|-------|-------|-----------|----------|---|
| madrugada |  | 13.67 | 54.83 | 13.83 | 0 | Las condiciones son adecuadas para realizar Aplicaciones |
| mañana |  | 19.33 | 33.67 | 5.67 | 0 | Ventana de Aplicación RESTRINGIDA |
| tarde |  | 25.83 | 23.17 | 10.5 | 0 | Las condiciones NO son adecuadas para realizar Aplicaciones |
| noche |  | 15.83 | 38.17 | 9.83 | 0 | Las condiciones son adecuadas para realizar Aplicaciones |

Figura 4. Prototipo de aplicación del semáforo con el pronóstico del día.

La Figura 4 muestra el prototipo de la aplicación vinculada al pronóstico del día actual mostrando cuatro semáforos que indican si se dan las condiciones para

realizar aplicaciones en madrugada, mañana, tarde o noche. Se ha discretizado el día en estos cuatro momentos porque es habitual que las condiciones sean favorables durante la noche y luego por aumento del viento o la temperatura las condiciones se vuelven no apropiadas. En temporada de aplicaciones las condiciones óptimas representan un promedio de 45 horas totales, y de estas, el 60 % transcurren durante la noche [8].

El desarrollo aplicación web y móvil muestra:

- Las condiciones Actuales de la estación meteorológica más cercana.
- Las condiciones Próximas vinculadas al pronóstico del tiempo de los dos días siguientes divididos en madrugada, mañana, tarde y noche (Figura 4).
- Pronóstico extendido semanal de los próximos cinco días (Figura 5).

| Pronostico Extendido | | | | | | |
|-------------------------|---|------|-----|--------|-------|---|
| Día | VAP | T °C | H % | V km/h | pp mm | Condiciones |
| Domingo 30/04/2017 |  | 19 | 37 | 13 | 0 | Las condiciones son adecuadas para realizar Aplicaciones |
| Lunes 01/05/2017 |  | 19.5 | 45 | 19 | 0 | Las condiciones NO son adecuadas para realizar Aplicaciones |
| Martes 02/05/2017 |  | 17 | 48 | 42 | 0.1 | Las condiciones NO son adecuadas para realizar Aplicaciones |
| Miércoles 03/05/2017 |  | 12 | 48 | 27 | 0 | Las condiciones NO son adecuadas para realizar Aplicaciones |
| Jueves 04/05/2017 |  | 14.5 | 46 | 40 | 0 | Las condiciones NO son adecuadas para realizar Aplicaciones |

Figura 5. Prototipo de aplicación del semáforo con el pronóstico de los próximos días.

4. Conclusiones y Trabajos Futuros

La información que brindará la aplicación será de gran utilidad para los productores frutícolas del Alto Valle de Río Negro y Neuquén ya que permitirá mejorar el proceso de toma de decisiones, para aprovechar al máximo los agroquímicos necesarios para obtener frutas de calidad que puedan competir en los

mercados más exigentes, con el menor impacto ambiental posible. Así mismo, el semáforo debe ser considerado como una herramienta de apoyo. La decisión de utilizar o no el equipo pulverizador, debe recaer siempre sobre la persona responsable del mismo y no sobre una aplicación web.

Se espera enriquecer el diseño original de la aplicación, que muestra solamente el estado actual, incluyendo la vinculación al pronóstico del tiempo para proyectar las condiciones próximas y extendidas. Así también, modificar el agente puramente reactivo aplicando técnicas de razonamiento no-monotónico, probabilístico y de aprendizaje sobre los valores históricos de las estaciones meteorológicas y de los proveedores de pronósticos, con el objetivo de realizar análisis de niveles de confianza sobre los resultados obtenidos.

5. Agradecimientos

Este trabajo es realizado en el marco de la carrera de posgrado, “Especialización en Management Tecnológico” (Acreditación CONEAU Res 104/10) de la Universidad Nacional de Río Negro (UNRN) dentro del “Programa de Formación de Gerentes y Vinculadores Tecnológicos” (GTEC) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT) y en el marco del proyecto de investigación “Agentes Inteligentes. Modelos Formales y Aplicaciones para la Educación” que está financiado por la Universidad Nacional del Comahue (UNCOMA) a través de la Secretaría de Ciencia y Técnica y por el Consejo Provincial de Educación en contexto del Convenio Marco de Colaboración. Además participa el Área de Ingeniería en Biosistemas de la Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Las actividades concretadas en el ámbito de la investigación se plantean articuladas a la Extensión Universitaria para promover el vínculo entre las dos universidades UNCOMA, UNRN con el INTA, con intención de construir y ampliar conocimiento a partir de la revisión y análisis de resultados desarrollados en el campo de la praxis.

Referencias

1. Magdalena, J.C.; Di Prinzio, A.; Behmer, S.: Aspectos que condicionan la correcta aplicación de agroquímicos en fruticultura. XII. ENFRUTE. ANAIS, Vol. I. 82-87. Brasil. ISSN 2175-1889. (2011)
2. da Cunha, J.P.A.R.; Pereira, J.N.P.; Barbosa, L.A.; da Silva, C.R.: Pesticide application windows in the region of Uberlândia-MG, Brazil [Janelas de aplicação de produtos fitossanitários na região de Uberlândia-MG, Brasil] Bioscience Journal, Vol 32 (2), 403-411. (2016)
3. Hetz, E.; Saavedra, M; Venegas, A; López, M.: Pesticide application windows in blueberry (*Vaccinium* sp.) orchards of the Los Angeles area, Chile Agric. Téc. Vol. 64 (4) Chillán. (2004)

4. Merrill, D.: Mashups: The new breed of Web app. IBM Web Architecture Technical Library, 1-13. (2006)
 5. Leskovar, M; Malaspina, M.L.; Podgornik, L.G.; Villarreal, P.L.; Grosso, G.A.; Fernández, D.E.; Kogan, P.; Reloso, J.M.: Construcción conjunta de herramientas agromáticas de gestión para los productores frutícolas de los valles de la Norpatagonia. Revista Senasa 2014. ISSN: 2314-2901.(2014).
 6. Kogan, P.; Rodriguez, A.; Magadela, C.; Muñoz, A.; Benitez-Piccini, E.; Fernandez D.: Ventana de Aplicación de productos fitosanitarios. Desarrollo de una aplicación web. 38° Congreso Argentino de Horticultura, Bahía Blanca (2015).
 7. IRAM REF. 14-1: INTEGRABILIDAD. Parte 1- Descripción general. Proceso de evaluación:2014. IRAM. Primera edición Marzo (2014).
 8. Rodriguez, A.; Magadela, C.; Muñoz, A.; Benitez-Piccini, E.; Fernandez D.: Ventana de Aplicación de productos fitosanitarios en cultivos de pepita en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. 38° Congreso Argentino de Horticultura, Bahía Blanca (2015).
 9. Fielding, R. T.:“Architectural Styles And The Design Of Network-Based Software Architectures” UNIVERSITY OF CALIFORNIA, IRVINE. (2000). <http://www.Ics.Uci.Edu/~Fielding/Pubs/Dissertation/Top.Htm>
 10. Russell, S.; Norvig, P.:Artificial Intelligence - A Modern Approach 3rd editorial - Prentice-Hall (2010).
- Otras Fuentes**
11. Noticia telam.com.ar 16/08/2016. Disponible en: <http://www.telam.com.ar/notas/201608/160079-productores-regalan-fruta-plaza-de-mayo.html>
 12. INTA Sistema Informático Patagónia Norte (SIPAN) <http://sipan.inta.gov.ar/agrometeorologia/met/met/clima.htm>
 13. Davis@www.davisnet.com