

Sistema de Información “Informe de Estado Hídrico de Suelos”

Bellini Saibene, Y.; Schaab, L.; Ramos, L.; Fuentes M.; Belmonte L.;
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – EEA Anguil, Anguil, Argentina

Resumen

La RIAN del INTA realiza un relevamiento de dinámica hídrica mensual y permanente de los principales cultivos agrícolas del país. Se desarrolló un Sistema de Información bajo plataforma web basado en tecnología .NET y Flash con una arquitectura en tres capas utilizando XML, Web Services y SQL Server 2005. El objetivo de este sistema fue cargar, almacenar y procesar la información de lotes, muestras y resultados de los análisis físico-químicos del suelo y permitió autenticar, autorizar y auditar a los usuarios para contar, en el menor tiempo posible, con los datos relevados que fueron almacenados y procesados de una manera ordenada y eficiente, proveyendo una interfaz de carga, seguimiento y consulta de uso rápido y sencillo accesible desde cualquier lugar del país.

Summary:

The Inta RIAN (National Agricultural Information Network of the National Institute of Agricultural Technology/Argentina) performs an ongoing monthly monitoring of the soil water dynamics of the main agricultural crops of the country.

An information system on a web platform based on technology NET and Flash with a three-tier architecture, using XML, Web services and sql server 205 was developed. The objective of this system was to load, store and process information of plots, soil samples and results of physical-chemical analysis of the soil. The system also allowed to authenticate, authorize and audit users in order to collect in the shortest possible time stored and data processed in an orderly and efficient way. Finally, the system provides an easy and quick load, monitoring and consulting interface.

Palabras Clave: RIAN, Informe agronómico mensual, .NET, XML Web Services, estado hídrico, dinámica hídrica, agua útil

Introducción

Desde el año 2006, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) lleva adelante la Red de Información Agropecuaria Nacional (RIAN), que trabaja de forma interdisciplinaria en todo el país. La red presenta diferentes niveles de operación de sus actividades rutinarias según las regiones productivas de la Argentina organizadas por zonas y subzonas agroecológicas homogéneas (figura 1).

Uno de los objetivos de la RIAN es “el seguimiento del Agua Útil Edáfica (AU) en los principales cultivos agrícolas con la finalidad de generar mapas de disponibilidad de agua en el suelo a escala regional.” [1]

Esta información, sumada a la agroclimática y al monitoreo mensual de estado de cultivos, genera un escenario descriptivo de la realidad productiva en términos espaciales y temporales. [1] y permite anticipar los resultados de la campaña agrícola, en contraste con la información subjetiva no basada en una metodología cierta y confiable. Se cuenta con información zonal, regional y completa de las regiones NEA, NOA y Pampa Húmeda, que posibilita valorar y ponderar los efectos adversos o favorables ocurridos en las regiones mencionadas. [2]

Conocer lo que ocurre con la producción agropecuaria de nuestro país con periodicidad mensual y con una metodología conocida y homogénea, aporta a la

transparencia de los mercados, disminuyendo la incertidumbre en las transacciones comerciales. [2]

Se propuso entonces, una metodología cuantitativa protocolizada, homogénea y conocida para toda la red y sus usuarios. Dicha metodología incluyó el desarrollo de una solución de sistemas de información, que permitiera disponer de la información de la dinámica hídrica en forma oportuna para que pueda ser utilizada a la hora de tomar decisiones, resolviendo aspectos críticos como el acceso a los datos relevados, a la información generada y el mantenimiento rutinario de las bases de datos en tiempo y forma desde diversos puntos distribuidos geográficamente en todo el territorio nacional. El sistema debía facilitar el seguimiento de las actividades por parte de los coordinadores y las diferentes actividades de comunicación de la información generada por la red, pues la información debe actualizarse y difundirse para ser de utilidad. Finalmente, el sistema debía contemplar el componente espacial (georeferenciación) y el componente temporal (histórico) que se torna relevante a medida que transcurren las campañas agrícolas.

La actividad del informe mensual de estado hídrico se pensó desde el inicio con soporte informático, por ende, el **proceso** del informe se definió en conjunto entre los especialistas agrónomos, informáticos y de sistemas de información geográfico, para determinar la mejor manera de organizar el flujo de información.

Antecedentes

La RIAN tiene como antecedentes el proyecto AgroRADAR y el proyecto RIAP. Ambos proyectos realizaban el mismo tipo de relevamiento de dinámica hídrica, el primero en 12 millones de hectáreas (Sudoeste de Buenos Aires y Este de La Pampa) y para los cultivos de trigo y girasol, mientras que el segundo actuó en 83 millones de ha (Pampa Húmeda) agregando los cultivos de maíz y soja a los relevamientos mensuales.

Durante la ejecución del proyecto AgroRADAR se desarrolló una aplicación cuyo propósito fue “determinar el porcentaje de agua útil basándose en el método gravimétrico, haciendo más eficiente, rápida y automática la carga y realización de los cálculos.” [3]. Este sistema trabajó con bases de datos distribuidas en un manejador de base de datos limitado (Access) y con aplicaciones locales para Windows programadas en Visual Basic 6.0. Esta característica determinó que los sistemas presentaran importantes problemas para la auditoría en el manejo de los datos, su consolidación regional y el acceso en tiempo real a los mismos. La actualización de las aplicaciones en las diferentes sedes e instituciones presentó los problemas clásicos de las aplicaciones distribuida, constituyéndose en un trámite complejo que atentaba con el cumplimiento de los tiempos de carga y procesamiento de datos.

El sistema de información actual de la RIAN para humedad de suelos es una mejora a los procedimientos de estos antecedentes mencionados y aprovecha el cambio realizado en RIAP con respecto a la arquitectura e infraestructura utilizada para el desarrollo de software porque soluciona en un todo o en parte dichos problemas. En este nuevo sistema se ha capitalizado la excelente experiencia de utilizar bases de datos normalizadas integradas a un sistema de información geográfico y generar diferentes formatos de

información para comunicarla en diversos medios, persiguiendo el objetivo de llegar a la mayor cantidad de usuarios posibles.

Elementos del Trabajo y Metodología

El relevamiento de la información a campo establece recorridas mensuales para medir la evolución del agua útil en el suelo en aquellas subzonas con aptitud agrícola. Las variables que se registran en la evaluación a campo se obtienen de un conjunto de lotes establecidos en cada campaña productiva. Se toman muestras de suelo por cada uno de los horizontes que componen el perfil edáfico, para obtener parámetros como textura, densidad aparente y espesor de los horizontes, datos necesarios para poder calcular posteriormente las constantes hídricas Punto de Marchitez Permanente (PMP) y Capacidad de Campo (CC), que permiten obtener el dato de agua útil y/o déficit de humedad actual. Además se realizan los análisis necesarios para conocer parámetros químicos como fósforo, materia orgánica, nitrógeno y pH. También se releva a campo variables que caracterizan al manejo del cultivo, como sistema de siembra y cultivo antecesor.

Los lotes se muestrean aleatoriamente cuidando una adecuada distribución geográfica en las subzonas de la RIAN. Se toman lotes en producción de cultivos zonales (trigo, girasol, maíz, soja, algodón y yerba mate) logrados por distintos manejos y tecnologías y representativos de las principales series de suelos. Según la magnitud de la actividad programada, se planifica el seguimiento del agua útil edáfica por medio de una o varias giras zonales teniendo en cuenta además, las condiciones pluviométricas. Se toman las muestras de suelo después de 48 hs de una precipitación dependiendo de la textura de éste. [1] Los lotes se posicionan geográficamente con un GPS (tipo Garmin Legend Etrex.) utilizando una nomenclatura inequívoca para identificarlos, que luego facilitará la carga y procesamiento de datos (generación de mapas) y la ubicación del lote en el campo en las salidas subsiguientes.

Cuando se llega al lote se extrae una muestra por horizonte hasta una profundidad máxima de 1 metro en todos los cultivos. El método de determinación utilizado es el gravimétrico [1], para realizarlo la muestra de suelo que se obtiene, se pesa y se seca en horno o estufa a 105°C durante 24 horas, registrando las diferencias de peso entre el antes y el después. Ese valor que es el contenido de humedad, se refiere al peso seco del suelo. Entonces el contenido de agua en el suelo se establece como la cantidad de agua perdida cuando se lo seca a 105°C, expresada en peso de agua por unidad de peso de suelo o como volumen de agua por unidad de volumen de suelo. [4] (figura 2).

Esta relación dice poco acerca de la cantidad de agua disponible para las plantas porque un suelo arenoso estando saturado con un determinado porcentaje de agua, ésta puede ser insuficiente para el normal crecimiento de una planta; creciendo en un suelo arcilloso. Por tal motivo, la disponibilidad de agua para las plantas se debe expresar en lámina de agua sobre el perfil considerado (mm. de agua por cm. de suelo).[4] Como se mencionó anteriormente en cada sitio de muestreo (parcelas donde se realiza el seguimiento de la humedad), previamente se han determinado las capacidades hídricas de esos suelos, o sea se han establecido las constantes hídricas:

- 1) CC es el contenido de agua que se obtiene de un suelo que partiendo del estado de saturación se deja drenar o percolar durante un período variable según su textura (24-36 horas en suelos arenosos, 40-50 horas en suelos francos y 72 horas en suelos arcillosos). [4]
- 2) PMP es el valor mínimo de agua que retiene un suelo en el momento en que el cultivo llega a una marchitez irreversible. Aunque se define como un punto, es un rango de valor bajo el cual las plantas, según especie y caracterizaciones, no superarán el estrés hídrico por defecto. Cuando se habla de PMP, todavía queda aproximadamente el 50% del agua que ese mismo suelo tenía en el estado de CC. [4]

La información obtenida se presenta con tres valores diferentes: % de agua útil, mm disponibles y déficit. “La cantidad de agua que puede disponer el cultivo es el agua disponible (AD) o agua útil (AU), siendo la diferencia que existe entre los contenidos de humedad existentes entre los valores de CC y PMP.” [4]

El Déficit indica la cantidad de agua necesaria para llegar a la máxima cantidad de agua útil posible de retener en dicho suelo y se calcula con la fórmula $(CC\% - H \text{ prom}) * \text{espesor} * \text{densidad aparente}$ [1].

Estos valores se presentan en tablas y mapas con distintos colores que señalan el porcentaje de AU disponible para el cultivo de referencia en relación con las condiciones de humedad del suelo y para un rendimiento potencial. La tabla 1 resume estos valores.

Tabla 1. Valores de % de Agua Útil

Color	% del valor de AU	Condiciones de humedad para rendimiento potencial
Azul	> 100% de agua útil	Exceso
Verde	50 - 100% de agua útil	Adecuado
Amarillo	20 - 49% de agua útil	Deficiente
Rojo	19% de agua útil	Crítico

Este trabajo se realiza en 103 subzonas, utilizando un total de 40 profesionales pertenecientes a 23 Estaciones Experimentales Agropecuarias, relevando un promedio de 52 lotes para soja (de primera y de segunda), 11 para girasol, 20 para maíz, 100 para trigo, 5 para yerba mate y 4 para algodón. Tanto las campañas agrícolas de los cultivos estivales de cosecha gruesa (soja, girasol, maíz y algodón), como el invernado de cosecha fina (trigo) tienen una duración aproximada de seis meses. La yerba mate es un cultivo perenne.

El sistema de información desarrollado debía dar soporte a toda la actividad descripta anteriormente teniendo en cuenta estos requisitos generales:

1. “Consultar y cargar la información de los relevamientos desde todas las instituciones intervinientes y desde diferentes localizaciones geográficas.
2. Mínimos requerimientos de hardware y software para su funcionamiento en los clientes.
3. Sencillo de utilizar.
4. Centralizar la información en una sola base de datos común.
5. Accesible por otras instituciones y usuarios de la red con diferentes permisos de accesos.
6. Registrar todas las acciones de todos los usuarios en el sistema.
7. Contemplar el componente SIG donde pueda reflejarse la información almacenada.
8. Escalable.
9. Interfaz de uso rápido y sencillo.
10. Funcional 24 horas al día durante los siete días de la semana.” [5]

El sistema obtenido consta de una aplicación de 4 módulos cuyo esquema de funcionamiento se presenta en la figura 3:

1) Sistema de calendario agronómico: permite la carga y consulta del calendario de salidas por cultivo, por subzona y por sede involucrada en el relevamiento.

2) Sistema de carga de relevamiento a campo: presenta las variables de ubicación de cada lote muestreado y por horizonte los datos físicos, químicos y constantes hídricas correspondientes al lote. Además permite cargar los resultados de agua útil (% y mm) y realiza el cálculo del déficit.

3) Sistema de consultas (SIG): presenta por medio de mapas e histogramas los datos del muestreo mensual. Se realizan mapas por zona, subzona y a nivel de red operativa. Permite seleccionar la variable (% , mm, déficit), el año, el mes y el cultivo y luego presenta los lotes relevados coloreados en el mapa de Argentina según la escala determinada para esa variable.

4) Sistema de exportación de datos: permite seleccionar las variables que se desean trabajar, para que el sistema pueda exportarlas a Excel o XML. También presenta interfaces con sistemas de otras instituciones, por medio de WebServices o realizando una exportación y envío de datos automáticamente por mail en una fecha predefinida utilizando servicios de Windows.

Este sistema utiliza funcionalidades de una serie de “sistemas transversales” desarrollados para la red con anterioridad, como son:

1. Sistema de autorización de usuarios: utilizados por los coordinadores para realizar el registro de los usuarios a fin de poder asignarles un perfil, nombre de usuario y contraseña para poder autenticarlos, autorizarlos y auditarlos.

2. Sistema de permisos, grupos y sistemas: realiza la validación del usuario y su contraseña, le asigna permisos según el grupo al que pertenece y mantiene actualizado los usuarios, grupos, instituciones, permisos, módulos, etc. La contraseña se almacena encriptada y es imposible recuperarla a texto plano.

3. Sistema de auditoria: registra todo lo que hace un usuario con los sistemas que utiliza y permite la consulta de dichas transacciones. En el caso de acciones de manipulación de

datos, se captura la pantalla al momento de realizar la acción y se almacena en formato HTML. Esta captura puede ser visualizada a la hora de consultar las transacciones de los usuarios, facilitando la tarea de la auditoría.

4. Sistema de soporte técnico: este sistema tiene como objetivo llevar un registro de incidentes de los sistemas para detectar errores frecuentes y/o repetitivos y determinar los tiempos de respuesta del soporte técnico. Aporta información para planificar modificaciones y mejoras a los sistemas y posibles capacitaciones a realizar.

5. Sistema de seguimiento de tareas: este sistema presenta un resumen de las salidas que se deben realizar por mes en cada subzona y que Estación Experimental del INTA es responsable de la misma. También indica si los datos del relevamiento se encuentran cargados en la base de datos.

Las herramientas utilizadas en el desarrollo son: Visual Basic .NET como lenguaje de programación principal. También se utilizó Java Script y Action Script. Para el acceso a datos se utilizó ADO.NET por medio de XML Web Services. La interfaz de usuario son aplicaciones web ASP.NET con Java Script, AJAX y Flash. El intercambio de datos se realizó en XML y en Excel (especialmente para aplicaciones en SIG). Las herramientas de cada uno de los ambientes (desarrollo, prueba y producción) se detallan en la figura 4.

Antes de hacer operativo el sistema, todos los usuarios recibieron una capacitación de dos días donde se les entregó el manual de usuario y se generó un espacio de discusión, conjuntamente con el personal de desarrollo, para recabar apreciaciones y sugerencias para mejorar el sistema. También se implementó un plan de backups de la base de datos.

La infraestructura de hardware y de red diseñada para el correcto funcionamiento del sistema final se presenta en la figura 4. La conectividad a Internet al servidor se realiza por medio de una línea telefónica y una conexión de banda ancha de 512 Kbs. Este servidor pertenece a la RIAN y estaba configurado con los siguientes softwares:

1. Windows 2003 Server. (Sistema Operativo).
2. SQL Server 2005 Express. (Gestor de base de datos).
3. Internet Information Server 6.0 (Servidor Web).
4. Microsoft Framework .NET 1.0 y 1.1. (Clases para Desarrollo).
5. Cobian Backup 7 (Gestor de Copias de Seguridad).

Con esta configuración el servidor puede albergar los WebServices XML, los servicios Windows y la base de datos de las aplicaciones web. La administración del servidor que se encuentra en el Centro de Sistematización de Datos de la provincia de La Pampa (CeSiDa) se realiza de forma remota a través del servicio de Terminal Server.

También se utiliza el servidor de correo electrónico de la EEA Anguil para poder realizar los envíos de los mensajes de textos. El software de correo utilizado es el SurgeMail.

Resultados

El sistema actual ha permitido contar con información regional del estado hídrico de los suelos en forma mensual y que las bases de datos de la red están accesibles para su consulta por proyectos institucionales y por otros organismos e instituciones; cumplimentando parte de los objetivos específicos de la RIAN. La tabla 2 presenta estadísticas de cantidad de información disponible y la tabla 3 de uso del sistema.

Tabla 2. Estadísticas de disponibilidad de información

Información de Estado Hídrico de Suelos de 10 campañas						
Informes: 403						
Girasol	Maíz	Soja de 1°	Soja de 2°	Trigo	Algodón	Yerba Mate
22	47	93	45	186	9	1

Tabla 3. Estadísticas de uso del sistema.

Información de uso del sistema 2009-2010 (cantidades)	
Transacciones realizadas	2.077
Usuarios del sistema:	52
Problemas registrados:	28

Respecto a estadísticas indicadoras del uso de la información de la red, en la tabla 4 se presentan estadísticas del sitio web del RIAN.

Tabla 4. Estadísticas de uso del sitio web de la red.

	Número de visitas	Páginas	Solicitudes	Tráfico
Promedio mensual 06-09	2216	377001	522236	21,86 GB
Promedio mensual 09	2439	281302	412742	31.54 GB
Promedio mensual 08	2407	282504	444831	26.11 GB
Promedio mensual 07	2393	300503	454687	18.04 GB
Promedio mensual 06	1625	643696	776685	11.76 GB

Estos números son obtenidos con el software AWSTAT, una herramienta *open source* de informes de análisis web, apta para analizar datos de servicios de Internet como un servidor web, streaming, mail y FTP. AWstats analiza los archivos de log del servidor, y con base a ellos produce informes HTML. [6]

Se generaron **398** boletines electrónicos que se enviaron a más de **6.300** suscriptores. También se distribuyeron informes de estado hídrico de suelos impresos periódicos (mensual-bimestral), en periódicos regionales realizados por INTA (Córdoba y La Pampa) enviados a aproximadamente **6.800** suscriptos.

Como usos relevantes de la información cabe destacar el proyecto SAOCOM de CONAE que constituye un sistema de observación de la tierra, dedicado al aprovechamiento de los datos de teleobservación para las actividades socio-económicas y estudios científicos. [7] Este sistema tiene dos constelaciones cada una con dos satélites.

Los satélites de la constelación SAOCOM 1 se hallan en fase de desarrollo para ser lanzados a partir del 2013. [7]. Uno de los objetivos principales de la misión SAOCOM 1 es “Obtener productos específicos derivados de la información SAR (Radar de Apertura Sintética), en particular mapas de humedad de suelos, lo que representa una gran ayuda a la agricultura, la hidrología y para el área de salud, debido a su comprobado impacto socio-económico ” [7]. La información de campo de humedad de suelos de la RIAN es utilizada como uno de los insumos para la calibración del dispositivo.

El registro de las coordenadas de ubicación de los lotes permite aprovechar la característica espacial de los datos permitiendo generar mapas zonales de Fósforo, pH y materia orgánica entre otros [8].

Esta información, sumada a la climática y a la genética es un insumo muy importante para correr modelos predictivos de rendimiento, otra de las actividades que realiza la RIAN.

Además, la información es utilizada internamente dentro de INTA a nivel de proyectos institucionales (Ej: Proyectos Específicos de “Sistema de Datos Geoespaciales” y “Sensores Remotos”) y sumada a clima y estado de los cultivos, por diferentes niveles de gestión.

Finalmente las siguientes empresas e instituciones hacen uso de la información de la red: MAGyA, SENASA, universidades (UNRC, UBA, UNS, UNLPAM, UNC), colegios de ingenieros agrónomos, bancos, cámaras arbitrales, bolsas de cereales, Nidera, Arpov, Bunge, Molinos Rios de La Plata, Cargill, Monsanto, Syngenta, Glencore, Granar, Profertil, Lartirigoyen, Petrobrás, Biotay. Con respecto a los medios periodísticos se puede mencionar a La Nación, Perfil, La Reforma, La Arena del Campo, Horizonte Agropecuario, Horizonte Productivo, Nuevo ABC Rural, Info Campo, Info Agro y La Actualidad Productiva.

Discusión

El sistema de información del informe mensual de estado hídrico de suelos lleva un año y medio funcionando y se encuentra en su versión 1.5. La evolución del sistema ha sido constante, y se ha focalizado en mejorar la carga (para minimizar el tiempo requerido para realizarla) y el acceso a la información (más mapas, más formatos de exportación, más opciones de consultas, etc.), gracias a las sugerencias realizadas por los usuarios, y a los problemas detectados y mejoras realizadas por el equipo de desarrollo junto a distintos profesionales de distintas especialidades.

Es evidente la utilidad de la información relevada y su sistematización porque permite que los datos se usen como insumo para otras líneas de acción y por otras instituciones, como las mencionadas en Resultados.

Se ha avanzado en el desarrollo de más consultas y procesamientos predefinidos de las bases de datos, y en un mejor aprovechamiento de la plataforma de sistema de información geográfico (SIG) que está desarrollando INTA con otros proyectos

institucionales, focalizando el desarrollo de geodatabases y la participación en una red de geoservidores para optimizar el acceso a los datos de la red por los diferentes componentes y proyectos institucionales.

Otra línea de trabajo futura es la incorporación a esta base de datos de los relevamientos realizados durante la ejecución de AgroRADAR y RIAP para sumar más cantidad de años a la serie de datos disponibles. La temporalidad de la información es un aspecto muy importante para los trabajos de mapeos de variables químicas.

Figuras

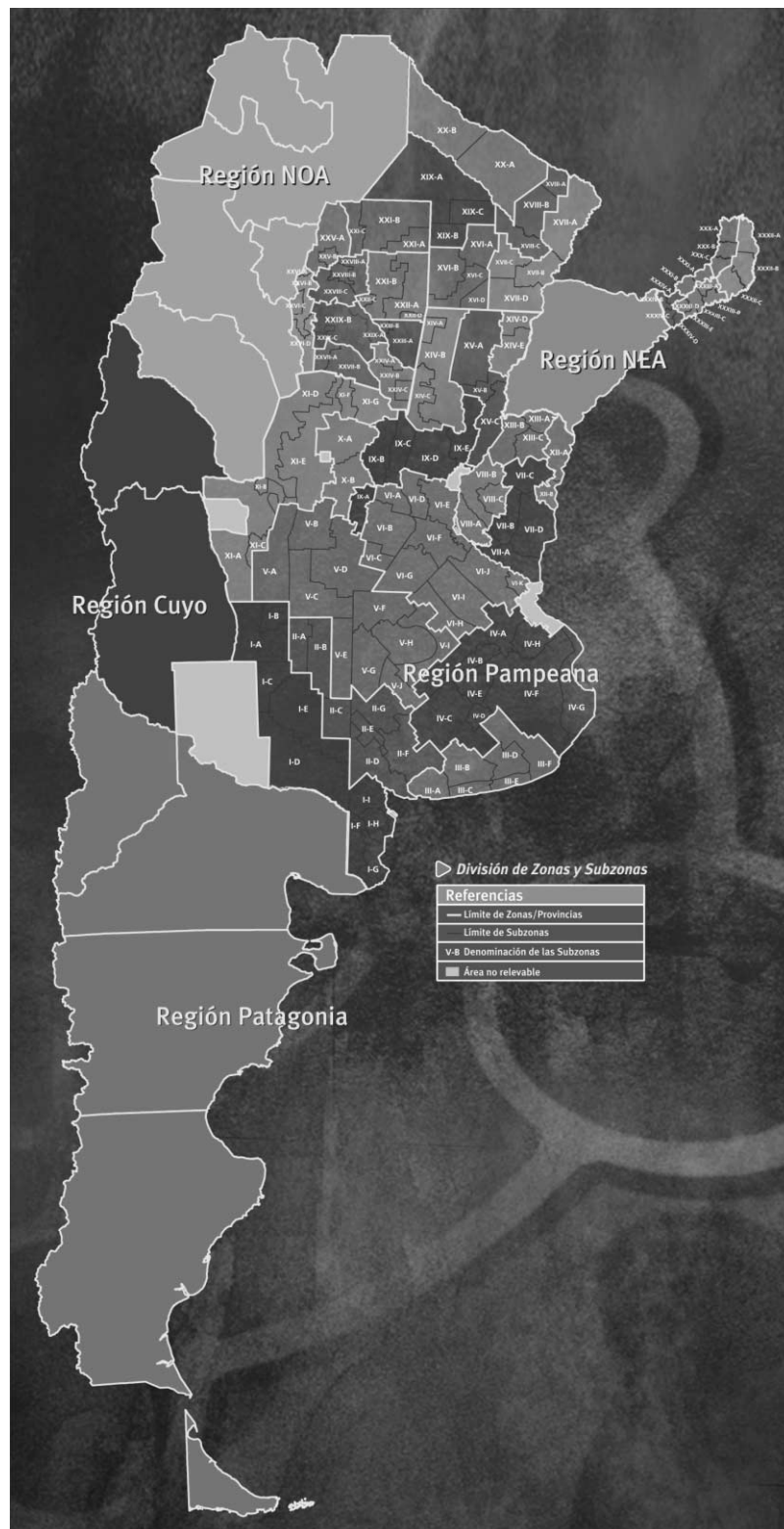


Figura 1. Zonas y Subzonas de la RIAN.



Figura 2. Elementos de Laboratorio

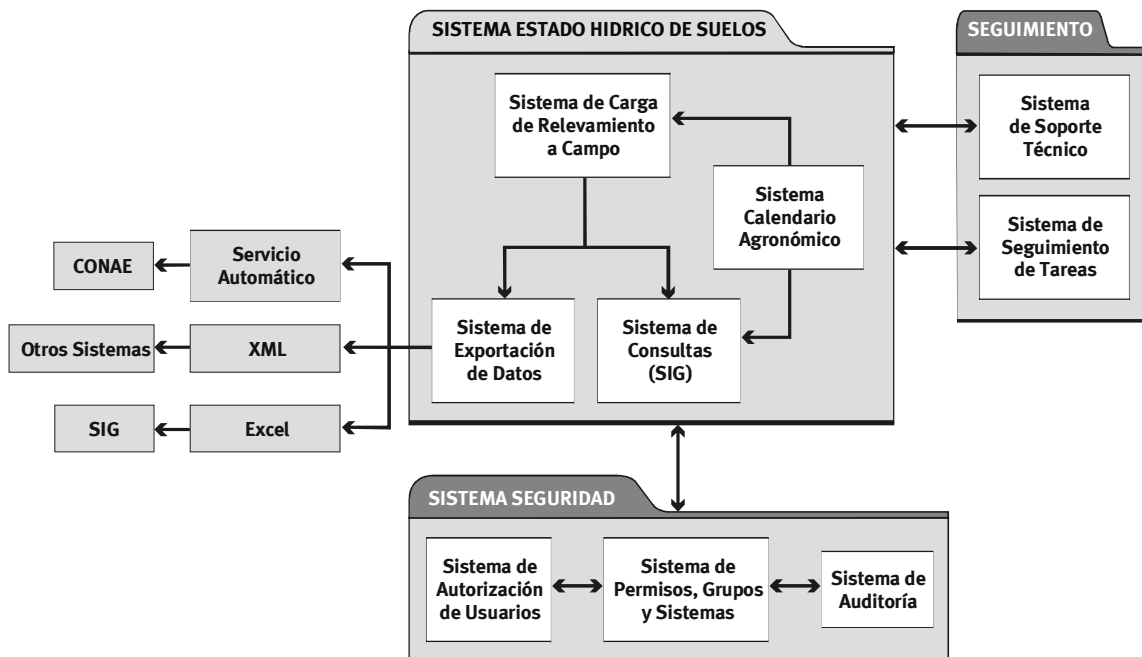


Figura 3. Esquema de la Solución de Software del “Informe de Estado Hídrico de Suelos”

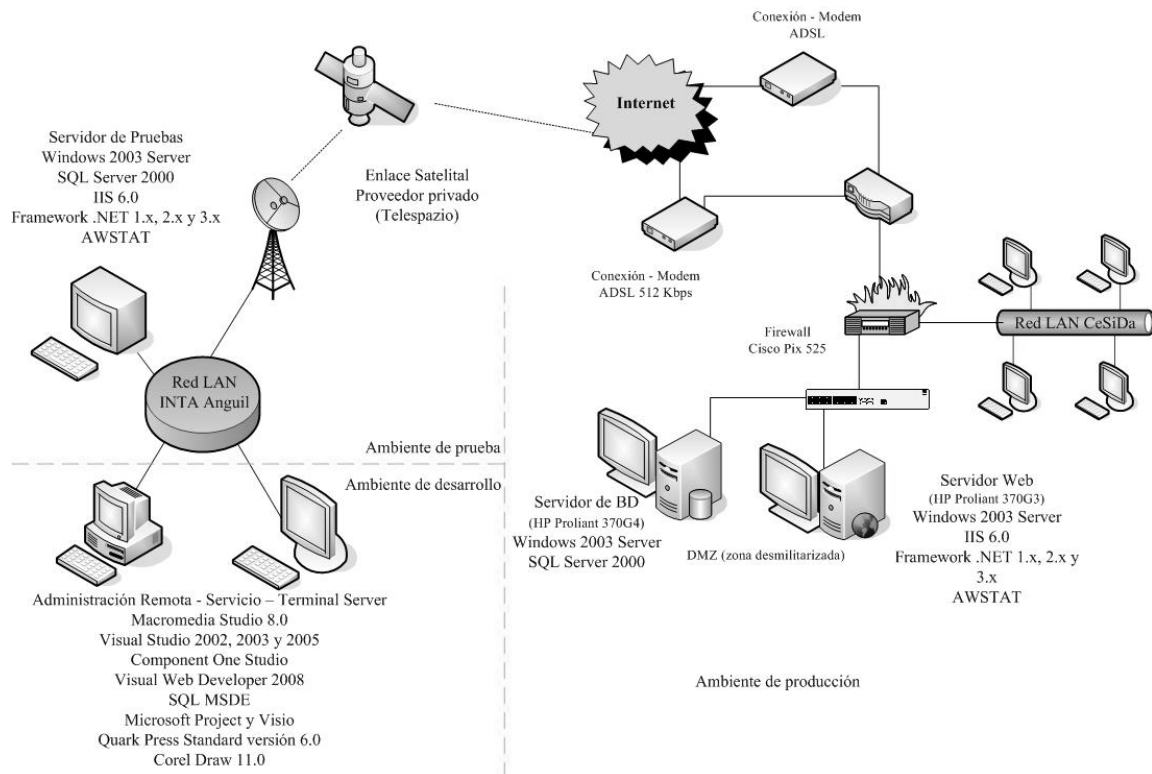


Figura 4. Esquema de hardware y de red de los ambientes de desarrollo, prueba y producción.

Referencias

- [1] Protocolo para la determinación de Agua Útil (AU) del suelo. Pecorari, Carlos; et. Al. 2008.
- [2] Relevamiento agro económico en la región pampeana. Sipowicz, Andrés; Roberto, Zinda; Bellini Saibene, Yanina. Ciclo de Conferencias INTA Expone 2004. Volumen III. Ediciones INTA. 2005
- [3] Estado Hídrico de los Suelos. Sistema de Información. Lucchetti P.; Bellini Saibene Y.; Lorda, H. 2002. www.inta.gov.ar/pro/radar/actividad/software/suelos.htm
- [4] Contenido de agua en los suelos, Lo que hay que conocer. Baez, Agustín. Boletín Informativo AgroRADAR Nº 5. pp 7. Diciembre 2000. ISSN: 1666-6852.
- [5] Los Sistemas de Información y Bases de Datos en el proyecto RIAP, Bellini Y. 2004. pp 9
- [6] <http://es.wikipedia.org/wiki/Awstats>.
- [7] <http://www.conae.gov.ar/satelites/saocom.html>
- [8] Romano, N. y Roberto Z. 2007. Contenido de Fósforo extractable, pH y Materia Orgánica en los suelos del este de La Pampa (IPNI). Pag. 1-6.

Datos de Contacto: Lic. Sist. Yanina Bellini Saibene. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Haiti 350, (6300) Santa Rosa, La Pampa. yabellini@anguil.inta.gov.ar