

# Geotecnología para la validación espacio-temporal de la sanidad frutícola en Valle de Río Negro – Argentina, mediante el uso de Normalized Difference Vegetations Index - NDVI y Enhanced Vegetation Index – EVI

Mónica Fernanda Rinaldi<sup>1</sup>  
Mauricio Alves Moreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fundación Barrera Zoofitosanitaria Patagónica - FUNBAPA  
Maipú 1634 – 8332 - Gral Roca - RN ,Argentina  
monica.rinaldi@gmail.com

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE  
Av. dos Astronautas 1758 - 12227-010 - São José dos Campos – SP,Brasil  
mauricio@ltid.inpe.br

**Abstract:** Space and time variability of fruit culture sanity was validated by using geotechnologies, vegetation index – MODIS and field samples for the Rio Negro Valley- Argentina, period 1999-2001. The implementation of Fruit culture Precision Management is required to offer better quality for fruit culture products, which means, more sustainable agriculture practices along the time. Temporally studies were made with Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS/Terra) images, for visual changes in the Normalized Difference Vegetations Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI). Samples of existing field measures from sanity condition of fruit culture trees were correlated to all those indexes and integrated on Geo-information system; a classification area was obtained where preventions practices were made for the maintenance of a good fruit culture sanity.

**Keywords:** Geotechnologies, Fruit culture Sanity, Fruit culture Precision Management

## 1- Introducción

El Valle de Río Negro- Argentina posee como principal actividad agrícola la fruticultura, involucrando aproximadamente 5400 unidades productivas.

El área cuenta con el Sistema Regional de Sanidad mediante Trazabilidad de la Producción Frutícola, que permite hacer un control más preciso de los recursos productivos con conciencia regional para lograr avances productivos en conjunto, brindando productos frutícolas de mayor calidad y prácticas agrícolas más sustentables con el medio ambiente y el hombre.

Dada la creciente integración de las economías nacionales en mercados más amplios, los avances en la producción agropecuaria y en la transformación de alimentos, así como los nuevos patrones de manipulación y distribución, hacen necesarios nuevos planteamientos en relación con la seguridad alimentaria, entendida en su concepto de inocuidad y calidad de los alimentos , “Declaración de Santiago de Compostela”, (2005).

El avance tecnológico permite mediante un banco de datos georeferenciados hacer un seguimiento más preciso de las actividades agrícolas a nivel regional y un gerenciamiento de toma de decisión global.

Sectorizadas las variaciones de la dinámica de la vegetación a través de teledetección, conlleva a la comprensión de un Manejo Regional de Fruticultura de Precisión donde la escala de visualización será a nivel “región”, éste cambio de marco de visualización de las problemáticas sanitaria nos permitirá un control sanitario grupal, y actividades agronómicas en conjunto, reforzando las prácticas actuales de sanidad en bloque.

## 2. Materiales y métodos

La zona donde se realizó el trabajo es un sector del Valle de Río Negro – Argentina, con una ubicación geográfica de 39°.95734 S / 68°.403074 W a 38°.383182 S / 66°.495289 W.

Se utilizaron los índices NDVI y EVI del mosaico generado por el sensor MODIS/TERRA obtenidos cada 16 días, píxel de 250 metros, fecha: 28 de Agosto del 2000 a el 13 de Agosto del 2001 y mapas catastrales con tablas anexadas de información georreferenciadas de las unidades productivas “chacras” y muestreos de estado sanitario de la región

La metodología fue determinar la correlación que existe entre los índices y el estado sanitario para poder realizar una clasificación espacial del área de interés.

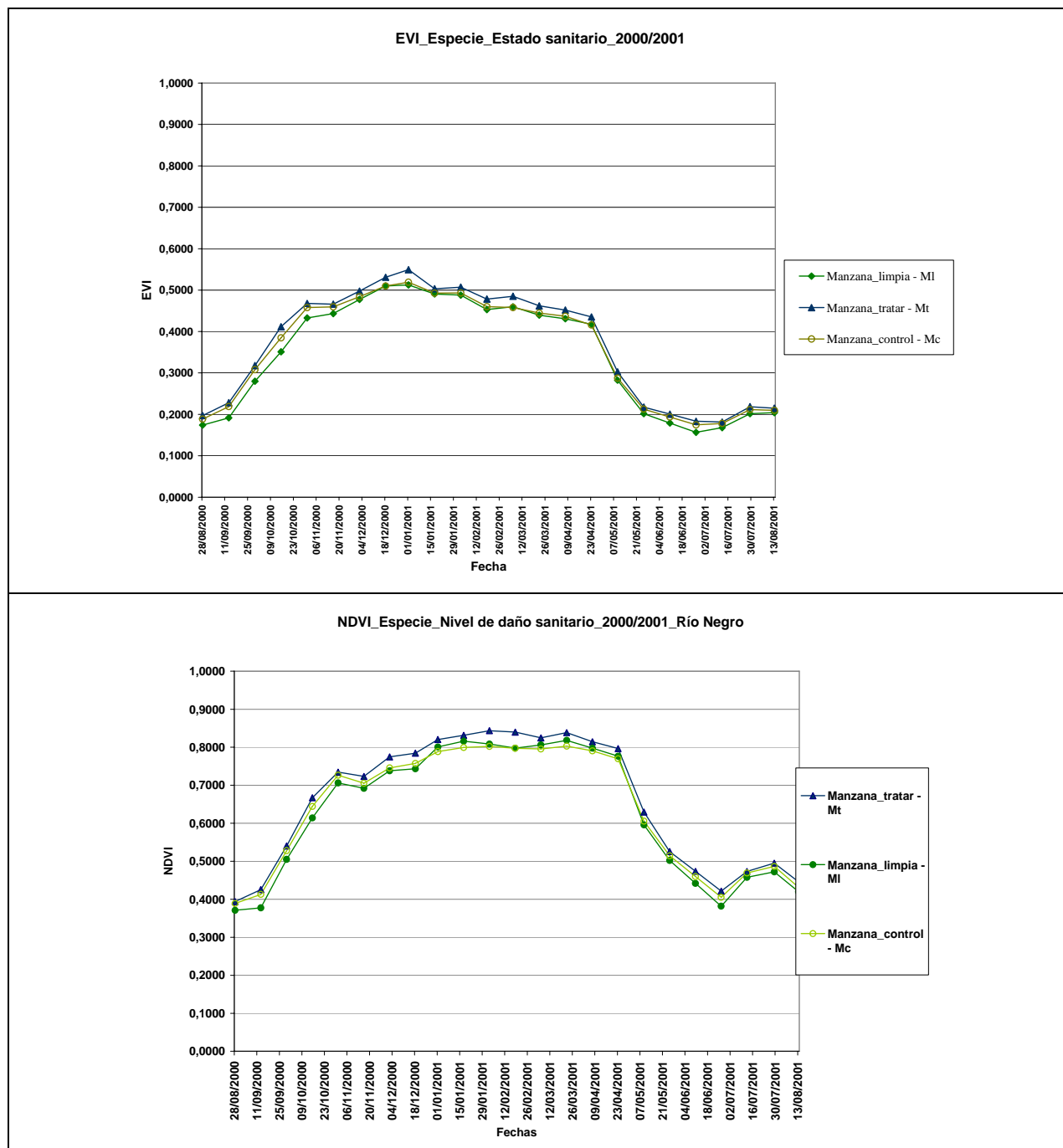
Se delimitaron las áreas de estudio a partir de los datos de muestreo a campo de capturas de plagas, en éste caso *Cydia pomonella* L. y estado sanitario a partir de prácticas agrícolas del monte frutal, seleccionándose los puntos a analizar mediante los índices EVI y NDVI de la serie temporal bajo los siguientes parámetros especie manzana; edad del monte frutal mayor a 15 años; marco de plantación tradicional, estado sanitario Zona limpia capturas de plagas cero y Zonas a tratar sanitariamente capturas mayor a cero en la primera semana de sumatoria de temperaturas en carpogrados, menor a 250 grados/días. Con un área de análisis de cada punto de muestreo de 9,703 ha.

Para representar las condiciones de plagas en el análisis temporal anual de las imágenes EVI y NDVI se utilizó el análisis de Técnicas exploratorias de multivariables con uso de Exploratory Data Analysis (EDA), el cuál se utiliza para identificar sistemáticamente las relaciones entre las variables cuando no existe a priori expectativas de la naturaleza de esas relaciones. Se elaboró ecuación de imágenes a partir de la serie temporal que discrimine las zonas de estudio, se la clasificó en forma supervisada con el método maximum likelihood (max-ver) y se la posclasificó utilizando matriz de confusión con índice Kappa para validar las clasificación realizada.

En el procesamiento de imágenes y elaboración de mapas temáticos se trabajó con dos escalas, una con imagen Landsat (píxel: 30 metros) que me genera una cartografía local 1:50.000 y cartas a nivel regional de 1: 700000 por uso de imágenes Modis (píxel: 250 metros).

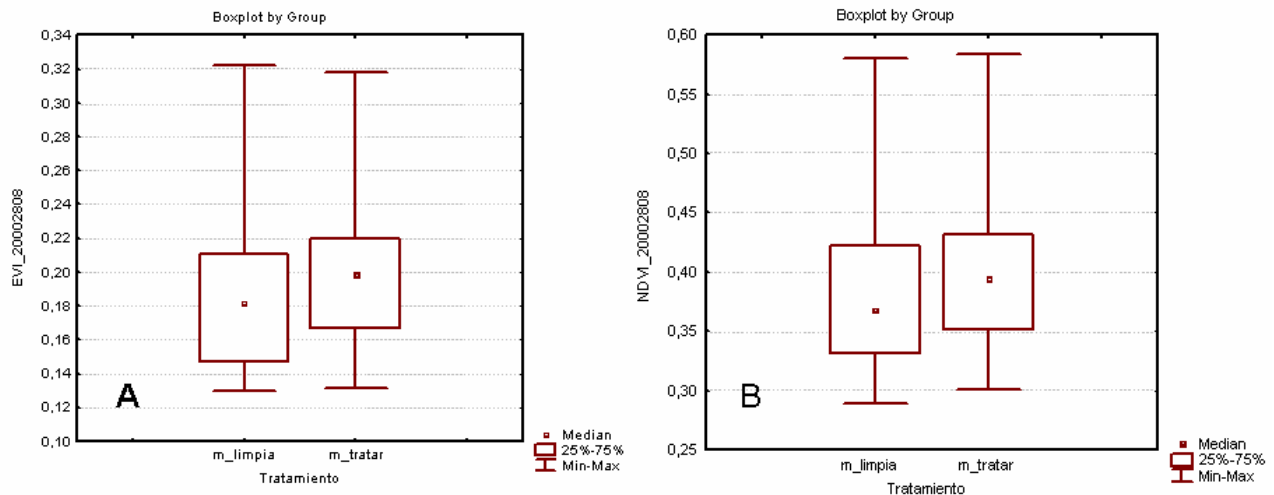
## 3. Resultados

El análisis estadístico multitemporal dio como resultado que en cada fecha de las imágenes NDVI o EVI, existe diferencia significativa entre las Zonas Limpias y Zonas a tratar sanitariamente, con una probabilidad de 0,01 utilizando el estadístico test de Tuckey (**Figura 1**).



**Figura 1:** Variación anual de EVI(a) y NDVI (b) en los puntos de muestreo a campo de los distintos tratamientos.

A pesar de la diferencia significativa de las medias de las variables analizadas, existe un gran solapamiento entre los valores máximos y mínimos lo que dificultó encontrar un clasificador que nos permita diferenciar las clases (**Figura 2**).



**Figura 2:** Representación gráfica del solapamiento existente de valores medios – valores máximos y valores mínimos, entre clases m\_limpiar es Zona limpia y m\_tratar es Zona a tratar para la Fecha 2000/28/08 - Imagen EVI (A) y NDVI (B).

Con uso del EDA se obtuvo estadísticamente que las mejores épocas para diferenciar los estados sanitarios en imágenes EVI son: Septiembre del 2000, Noviembre del 2000, Diciembre del 2000, Febrero del 2001, Junio del 2001, Julio del 2001 y Enero del 2001.

Para el análisis de la información espectral de una serie multitemporal, según las recomendaciones de Crosta (1992), afirma que el procedimiento realizado a través de ecuaciones matemáticas simples, la información puede ser comprimida en un menor número de bandas, la adición o multiplicación sirven para realzar similitudes espectrales entre imágenes, en cambio la substracción y división sirven para realzar las diferencias espectrales. Por lo que se calculó la siguiente operación matemática que me permite comprimir la información espectral en un menor número de bandas para poder diferenciar los estados sanitarios de las serie multitemporal de imágenes EVI :

$$Zl: (B20 * -1.88 + B7 * 74.58 + B6 * 41.72 + B11 * -25.10 + B21 * 115.63 + B3 * 19.64 + B10 * 96.32) - 62.56$$

$$Zt: (B20 * 31.50 + B7 * 63.28 + B6 * 30.78 + B11 * -14.02 + B21 * 94.81 + B3 * 26.93 + B10 * 89.76) - 57.91$$

Donde: Zl es Zona limpia, Zt es Zona tratar, B20 es imagen EVI Junio del 2001, B7 es imagen Diciembre del 2000, B6 es imagen de Noviembre del 2000, B11 es imagen Febrero del 2001, B21 es imagen Julio del 2001, B3 es imagen Septiembre del 2000 y B10 es imagen Enero del 2001.

A partir de ésta ecuación se realizó una clasificación supervisada, maximum likelihood, y post clasificación de matriz de confusión de índice Kappa, a partir de Rois control que arrojó los siguientes resultados, conforme la **Tabla 1**.

**Tabla 1:** Resultados estadísticos de la serie temporal anual de imágenes EVI.

Clasificador	Parcelas de manzanas/Sistema de conducción Tradicional			
	Tratamientos	Píxeles clasificados (%)	Píxeles clasificados con error (%)	Pos Clasificación
Máxima verosimilitud (Max-Ver)	Zona limpia	84	16	Precisión total: 80 % Kappa Coef: 0.6
	Zona tratar	76	24	
	Puntos control Zona limpia	60	40	Precisión total: 72,5% Kappa Coef: 0.45
	Puntos control Zona tratar	85	15	

Cómo resultado del clasificador en base a la postclasificación vemos que presenta una buena precisión, con un buen desempeño en puntos de muestreo control.

Cabe mencionar que dicho clasificador es bueno bajo parámetros de igual especie y marco de plantación, llegando a perder robustez en datos de otras especies.

La metodología para analizar el NDVI fue la misma a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Zona limpia } (B6*15.30+B3*21.05+B13*74.32+B7*44.78+B5*14,56) -65.45$$

$$\text{Zona tratar } (B6*(-0,97)+B3*30,78+B13*87,16+B7*35,25+B5*20,61) -66,65$$

Donde B6 es imagen NDVI de Noviembre del 2000, B3 es imagen Septiembre del 2000, B13 es imagen Marzo del 2001, B7 es imagen Diciembre del 2000., B5 es imagen Octubre del 2000, conforme es mostrado en la **Tabla 2**.

**Tabla 2:** Resultados estadísticos de la clasificación en NDVI en porcentaje (%) utilizando matriz de confusión.

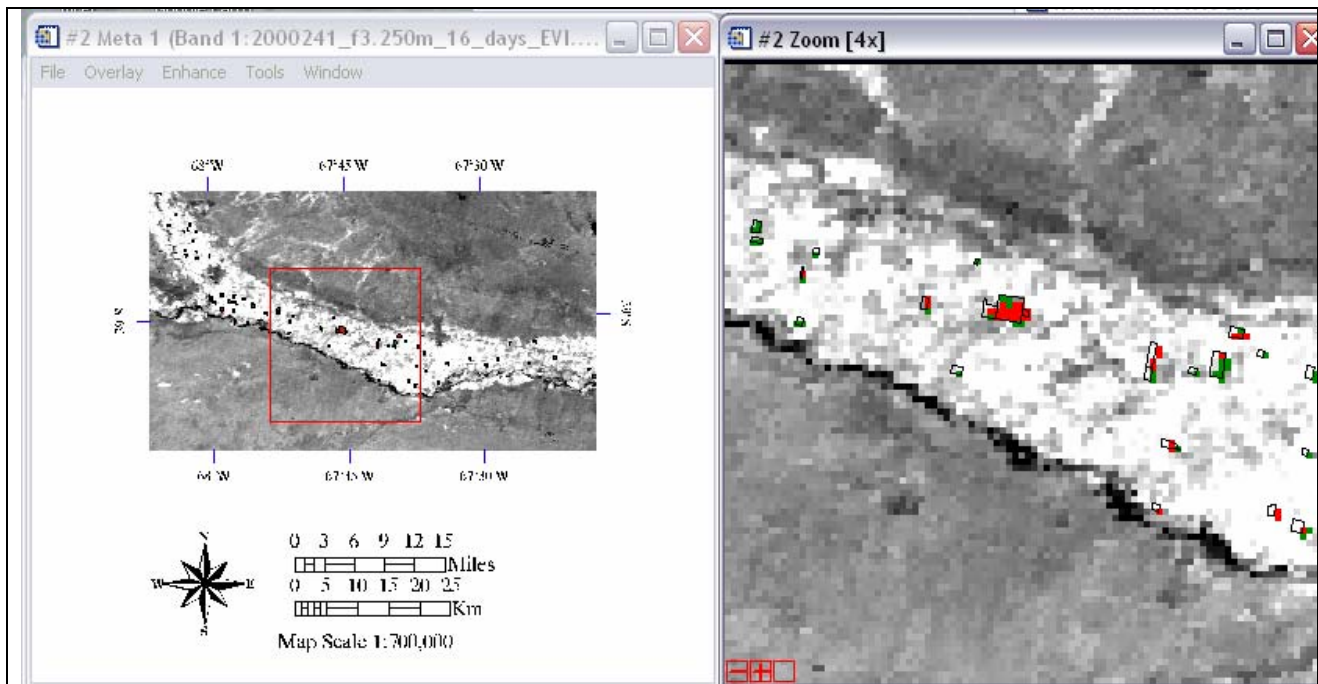
Clasificador	Parcelas de manzanas/Sistema de conducción Tradicional			
	Tratamientos	Píxeles clasificados (%)	Píxeles clasificados con error (%)	Pos Clasificación
Máxima verosimilitud (Max-Ver)	Zona limpia	68	32	Total Precisión: 76 % Kappa Coef: 0.52
	Zona tratar	84	16	
	Puntos control Zona limpia	55	45	Total precisión: 67,5%

	Puntos control Zona tratar	80	20	Kappa Coef: 0.35
--	-------------------------------	----	----	---------------------

El clasificador demuestra una menor precisión que el EVI, siendo buen clasificador de zonas a tratar y perdiendo robustez para las áreas limpias. Sobreestima las zonas sanitariamente a tratar.

Comparando ambos índices en correlacionar los estados sanitarios de la región la mejor respuesta a la clasificación de tratamientos, siendo más sensible a discriminar las zonas sanitarias en nuestra región fue el EVI. Coincidiendo con Ferreira et al, 2003 que como resultado de su trabajo, donde utilizaron los índices de vegetación NDVI y EVI para la discriminación de cobertura vegetal en una región de cerrado de Brasil, demostraron que el NDVI presentó un mejor desempeño que el EVI (75 % y 71 % respectivamente), sin embargo el EVI mostró mayor variación intraclase generando confusión en la discriminación de las mismas, lo que hace que posiblemente sea mejor éste último índice para diferenciar estados sanitarios intraclase que el NDVI.

A partir del EVI, como mejor clasificador se realizó un mapa imagen de las zonas a tratar sanitariamente con escala 1:700000, para ser extrapolado a una cartografía más detallada de cartas imágenes Landsat (**Figura 3**).



**Figura 3:** Imagen EVI clasificada en base a la ecuación determinada: Zona limpia: pixeles verdes, Zona a tratar: Pixeles rojos, con máscara de las unidades productivas que poseen producción frutícola manzana y sistema de conducción tradicional.(Escala 1:700.000)

#### 4. Conclusiones

El desarrollo de éste trabajo permitió abrir nuevas posibilidades de análisis en cuanto a la sectorización espacial y temporal de zonas sanitarias a nivel regional, a través de un seguimiento temporal con imágenes índice EVI y NDVI.

Como resultado de mejor respuesta a la clasificación de tratamientos el EVI evidencia un mejor desempeño, siendo más sensible a discriminar la zona limpia y zona a tratar de los frutales analizados que el NDVI.

Se debe realizar un análisis multitemporal de mayor tiempo para poder determinar una correlación espacial de sectorización de la plaga.

Como desventaja al uso de éste análisis estadístico es la dependencia que posee de ingresar los parámetros para calcular la mejor relación que me explique la separabilidad de los tratamientos. La metodología desarrollada demuestra que se puede hacer un seguimiento más preciso del estado sanitario a nivel regional, que puede extrapolarse a otras zonas productivas.

## Referencias

Claire H. Jarvis & Neil Stuart - Accounting for Error When Modelling with Time Series Data: Estimating the Development of Crop Pests Throughout the Year (2001) - Transactions in GIS Volume 5 (4) Page 327 / 343 - October 2001 doi:10.1111/1467-9671.00086

Costa, A. P. Processamento digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. Campinas, SP, IG/UNICAMP, 170p. 1992

Ferreira, L.G.; Yoshioka, H.; Huete, A.; Sano, E. Optical characterization of the Brazilian savanna physiognomies for improved land cover monitoring of the cerrado biome: preliminary assessments from an airborne campaign over an LBA core site. *Journal of Arid Environment*. 2003 (in press).

Fleischer, S. J.; Blom, P. E. and Weisz, R. Sampling in precision IPM: When the objective is a map. Publication The American Phytopathological Society 89:1112-1118. 1999

Gao, X.; Huete, A.R.; Ni, W.; Miura, T. Optical-biophysical relationships of vegetation spectra without background contamination. *Remote Sensing of Environment*, v. 74, p. 609 – 620, 2000.

García Guerra, P.A. Geostatística Operacional. Dpto Nacional de Produção Mineral, Companhia Brasileira de Artes Gráficas. 1988.

Huete, A. R. ;Liu, H. Q. ;Batchily, K. and van Leeuwen, W. A Comparison of Vegetation Indices over a Global Set of TM Images for EOS-MODIS. *Remote Sens. Environ*, 59:440-451. Elsevier Science Inc. 1997.

MC Aruani, EE Sánchez - Contenido y fracciones de micronutrientes en suelos del alto valle de Río Negro - Argentina Extracción secuencial de los micronutrientes. 2000.

Moreira, M. A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação. Editorial UFV 320 p. 2001.

Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación España. "Declaración de Santiago de Compostela". VIII Conferencia Iberoamericana de Agricultura. 2005. Disponible en: <[http://www.appeyron.com/es/zona\\_qualityventajas.shtml](http://www.appeyron.com/es/zona_qualityventajas.shtml)>. Acceso en Marzo 2006.