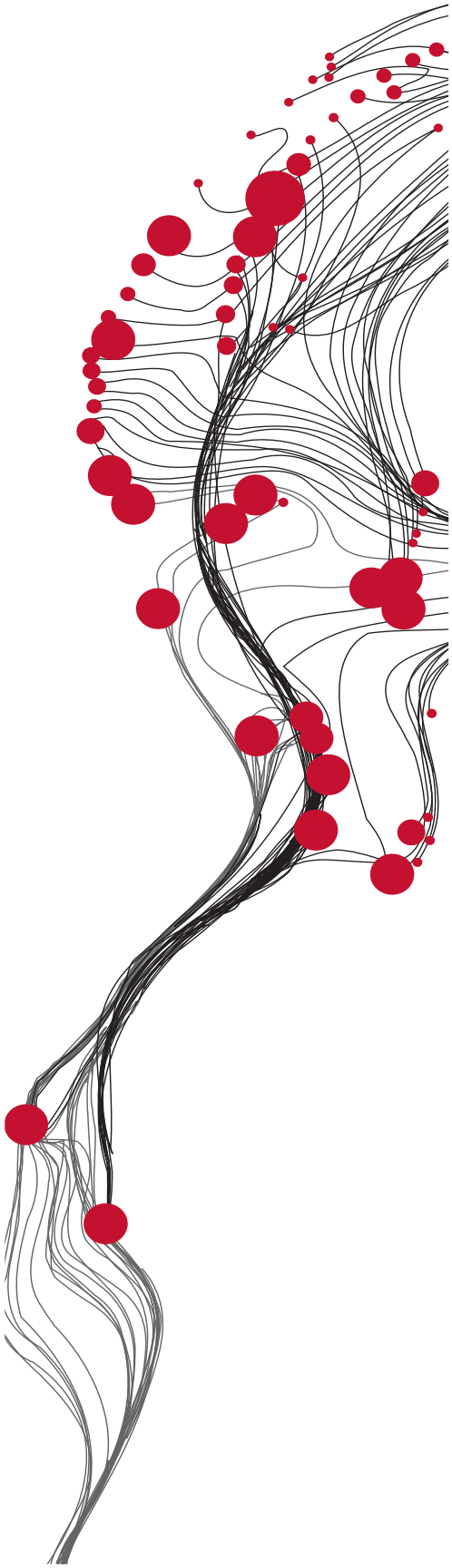

FACULTY OF GEO-INFORMATION SCIENCE
AND EARTH OBSERVATION

ITC

GEONETCast – DevCoCast
Manual de Aplicaciones

VERSIÓN 1

Editores:
Dr. B.H.P. Maathuis
Dr. C.M. Mannaerts

Córdoba, Argentina, Septiembre, 2011

UNIVERSITY OF TWENTE.

ITC

© Este trabajo se publica bajo licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Netherlands. Para ver una copia de la misma, visite http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/nl/ o envíe una carta a Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

RESUMEN

El presente documento surge como resultado de un curso avanzado y específico de entrenamiento, realizado durante dos semanas dentro del marco del proyecto DevCoCast, en la Facultad del ITC de la Universidad de Twente, en Enschede, Países Bajos, en febrero de 2011.

Más de 30 investigadores de diversas universidades africanas, latinoamericanas y europeas, de centros de entrenamiento e investigación sobre el espacio y de proyectos de colaboración internacionales entre Europa y África participaron en el curso. La mayoría de los participantes ya había asistido a talleres y cursos de entrenamiento previos, también realizados dentro del marco del proyecto DevCoCast en África, algunos en conjunto con AMESD, y en América Latina. El principal objetivo del curso fue, luego de que los participantes hubieran adquirido un robusto conocimiento práctico, desarrollar aplicaciones que permitan demostrar el uso de la información diseminada a través de GEONETCast, un sistema de diseminación que utiliza satélites de telecomunicación (transmisión), y más específicamente, de aquella información diseminada a través del canal DevCoCast, dentro de dicho sistema.

Luego de un capítulo introductorio que describe el sistema GEONETCast y el rol del proyecto DevCoCast, en los siguientes capítulos se destacan aplicaciones desarrolladas por los participantes durante el curso, utilizando observaciones in situ en los casos que fuera posible y asociando las mismas al análisis y procesamiento de diversas imágenes satelitales y productos derivados. Los campos de aplicación incluyen la evaluación de vegetación, biomasa y prácticas agrícolas, conservación de hábitats, monitoreo de insectos plaga, estimaciones de precipitación y evapotranspiración, detección de focos de incendios, monitoreo de sequías e incluso, algunas aplicaciones en ambientes marinos. Las áreas de estudio seleccionadas pertenecen a Sudamérica y a las zonas sur y este de África.

El objetivo general del presente manual es, además de demostrar las ventajas de usar datos de distribución libre diseminados a través del sistema GEONETCast, el cual es confiable y económico, hacer disponible una serie de ejercicios que pueden ser usados en institutos de educación superior, dentro del contenido curricular de diversas disciplinas, o por personas interesadas en el tema.

Los capítulos describen de forma estructurada los diferentes pasos de (pre) procesamiento y análisis, siguiendo una metodología descripta claramente para los distintos dominios de aplicación, cuyo orden se decidió al azar. De manera de profundizar la metodología descripta e ilustrar los resultados de los ejercicios, se encuentran disponibles presentaciones en Powerpoint. Para realizar los ejercicios, es necesario instalar ILWIS372 y el agregado (plug-in) llamado "GEONETCast toolbox". Ambas utilidades pueden obtenerse gratuitamente y ser descargadas de http://52north.org, junto con un manual del usuario para su instalación y primer uso.

Todo el material relacionado (manual completo, presentaciones suplementarias en powerpoint y datos de ejemplificación) pueden descargarse libremente y en forma comprimida de ftp://ftp.itc.nl/pub/52n/gnc_devcocast_applications/.

Esperamos que este documento y los ejercicios que contiene sean de utilidad para integrar en la práctica diaria de la comunidad de usuarios la información provista a través de GEONETCast y DevCoCast. Si usted estuviera interesado en entregar un nuevo ejercicio relativo a su propio dominio de aplicación, por favor no dude en contactarse con los editores del presente manual de aplicaciones.

Ben Maathuis y Chris Mannaerts
Departamento de Recursos Hídricos
Facultad ITC – Universidad de Twente
Enschede, Países Bajos
Septiembre 2011

AGRADECIMIENTOS

Muchas personas han contribuido en la elaboración del presente manual de aplicaciones. En primer lugar y principalmente, quisiera agradecer a los autores de los diversos capítulos por su trabajo durante las dos semanas del curso intensivo de entrenamiento, que puede considerarse el núcleo de este esfuerzo. Su participación en el curso no hubiera sido posible sin el apoyo del proyecto DevCoCast. Agradecemos a todos los socios dentro de este proyecto por su respaldo, por poner su personal a disposición para realizar el entrenamiento y por utilizar sus redes para proponer a otros especialistas y alentarlos a contribuir en este esfuerzo.

Las contribuciones presentadas en este manual han sido seleccionadas en base a propuestas preparadas por un gran grupo de personas que participaron en cursos regionales realizados en el marco del proyecto DevCoCast. Quisiera agradecer a todos aquellos que han estado involucrados en la organización de dichos cursos regionales, como los cursos DevCoCast realizados, por ejemplo, en Kenia, Argentina y Brasil. Los esfuerzos en África se realizaron en colaboración con AMESD, cuyo apoyo agradecemos enormemente.

Debido al gran número de temas propuestos, realizar una selección de los mismos resultó una tarea difícil. Sin embargo, a través del apoyo de los socios se pudieron movilizar recursos financieros adicionales que permitieron invitar a más participantes que contribuyeron con este manual. En este sentido se debe hacer especial referencia al Instituto Flamenco para la Investigación Tecnológica (VITO) en Bélgica, al Laboratorio Marino de Plymouth (PML) en el Reino Unido y a la Universidad de la Ciudad del Cabo (UCT), en Sudáfrica. Finalmente, quisiera agradecer a todo el personal del ITC que ha contribuido a la organización y ejecución del curso de entrenamiento avanzado realizado en febrero de 2011. Agradecemos también al Directorio del ITC por reconocer la importancia de GEO, GEOSS y GEONETCast y poner a nuestra disposición recursos adicionales para continuar estas iniciativas a escala global.

A pesar del intenso trabajo requerido, colaborar con un amplio número de profesionales de África, Europa y América Latina para el desarrollo de este manual de aplicaciones, ha resultado una excelente experiencia.

Ben Maathuis
Departamento de Recursos Hídricos
Facultad ITC – Universidad de Twente
Enschede, Países Bajos
Septiembre 2011

TABLA DE CONTENIDOS

Resumen i
Agradecimientos ii
Lista de Figuras viii
Lista de tablas xi
1. Introducción a GEONETCast y al proyecto DevCoCast 1
1.1. GEO y GEONETCast 1
1.2. El proyecto DevCoCast 3
1.2.1. Introducción 3
1.2.2. Ventajas derivadas del uso del sistema de transmisión GEONETCast. 3
1.2.3. Miembros de DevCoCast y establecimiento de una red abierta 4
1.2.4. Metodologia y resultados del Proyecto 5
1.3. EUMETCast 6
1.3.1. Introducción 6
1.3.2. Características técnicas de EUMETCast 7
1.3.2.1. Uplink, Turnaround y Proveedores de datos 7
1.3.2.2. Multidifusión a usuarios específicos a través de la Codificación/Decodificación de Datos 7
1.3.2.3. Gestión del servicio y Directorios de Servicio 8
1.3.2.4. Satélites de Telecomunicación 8
1.3.2.5. Alta fiabilidad a través de una red de supervisión 8
1.3.2.6. Estación de usuario EUMETCast 8
1.3.2.7. Componentes de la Estación de Recepción 8
1.3.2.8. Unidad Llave (EKU) y Software de Cliente EUMETCast 9
1.3.2.9. Tamaño de la antena, ubicación y parámetros del satélite 10
1.3.3. Configuración de EUMETCast para el flujo de datos de DevCoCast 12
1.4. Extendiendo la infraestructura de transmicion: los "hubs" de DevCoCast 13
1.4.1. Características de los hubs 14
1.4.1.1. Control del ancho de banda 14
1.4.1.2. Priorización 15
1.4.1.3. Integración completa 15
1.4.1.4. Redundancia 15
1.4.1.5. Operaciones Básicas de los Hubs 15
1.4.1.6. Monitoreo de los hubs 17
1.5. Software libre y de código abierto 17
1.5.1. Software para la Gestión de Datos 18
1.5.2. ILWIS Open 18
1.5.3. GEONETCast Toolbox Software 18
1.6. Alcance del presente manual 18
Referencias 20
Apéndice 1 Productos del Hub Terrestre en VITO y Marino en PML 21
2. Aboveground Biomass Quantification for Natural Grasslands in the Pampa Biome .. Error! Bookmark not defined.
2.1. Introduction and relevance of application ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.2. Objective ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.3. Study Area ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.4. Data sets used for the study ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.4.1. Aboveground biomass data ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.4.2. Satellite data ..... **Error! Bookmark not defined.**

2.5. Methodology ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.6. Satellite image processing ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.6.1. Create the NDVI time series ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.6.2. Create the "Sub map" ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.7. Visualizing the study area over the satellite image ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.8. Extract the NDVI values over the sample area ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.9. Establishing the relationship between NDVI and aboveground biomass values ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.10. Generate the aboveground biomass map ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.10.1. Calculate the aboveground biomass ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.10.2. Visualizing the results ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.11. Verification of the results ..... **Error! Bookmark not defined.**
2.12. Conclusions ..... **Error! Bookmark not defined.**
References ..... **Error! Bookmark not defined.**
Appendix 1 NDVI time series over the EPA of Ibirapuitã for the year 2002 ..... **Error! Bookmark not defined.**
Appendix 2 Aboveground biomass map time series over the EPA of Ibirapuitã for the year 2002. ..... **Error! Bookmark not defined.**
3. Crop Monitoring ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.1. Relevance of the topic selected ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.2. Objective of the application ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.3. Methodology ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.4. Data collection and pre-processing ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.4.1. Pre-processing step 1 ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.4.1.1. Importing raw files to ILWIS using the GNC-Toolbox menu ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.4.1.2. Importing several images using batch looping routines ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.4.2. Pre-processing step 2 ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.4.3. Pre-processing step 3 ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.5. Calculation of the various time series indices ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.6. Local / regional (in-situ) data ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.7. Combining "insitu" and data from GEONETCast – DevCoCast ..... **Error! Bookmark not defined.**
3.8. Conclusions ..... **Error! Bookmark not defined.**
References ..... **Error! Bookmark not defined.**
4. Estimation of Evapotranspiration in Minas Gerais State, Brazil ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.1. Introduction ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.2. Objective of the application ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.3. Methodology ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.4. Input data ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.4.1. Local / regional (in-situ) data ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.4.2. Data from GEONETCast-DevCoCast ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.5. Data analysis ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.5.1. Data pre-processing steps required ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.5.1.1. Import LSA SAF products ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.5.1.2. Import Spot Vegetation products ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.5.1.3. Submap of the Minas Gerais State and resampling other maps ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.5.1.4. Change of units for LST and ALBEDO of the Minas Gerais Sub Maps.....**Error! Bookmark not defined.**
4.5.1.5. Calculate Emissivity, Solar Zenith Angle and derive downward solar radiation... **Error! Bookmark not defined.**
4.5.2. Import table and processing of in situ data.....**Error! Bookmark not defined.**
4.6. Running SEBS in ILWIS..... **Error! Bookmark not defined.**
4.7. Derive statistical information aggregating Minas Gerais state and center pivot area ..... **Error! Bookmark not defined.**
4.8. Conclusions..... **Error! Bookmark not defined.**
References ..... **Error! Bookmark not defined.**
Appendix 1 ..... **Error! Bookmark not defined.**
5. Assessing Vegetation Coverage at the Sao Paulo State Scale: "a tool for aiding the decision making process"..... **Error! Bookmark not defined.**
5.1. Relevance and importance of the application ..... **Error! Bookmark not defined.**
5.2. Objective of the application..... **Error! Bookmark not defined.**
5.3. Methodology and study area ..... **Error! Bookmark not defined.**
5.3.1. Methodology adopted.....**Error! Bookmark not defined.**
5.3.2. Study Area.....**Error! Bookmark not defined.**
5.4. Data pre-processing..... **Error! Bookmark not defined.**
5.4.1. Importing the S10 NDVI images .....**Error! Bookmark not defined.**
5.4.2. Creating a Map List for the imported NDVI images.....**Error! Bookmark not defined.**
5.4.3. Extracting the Monthly Maximum Value Composition.....**Error! Bookmark not defined.**
5.5. Data analysis ..... **Error! Bookmark not defined.**
5.5.1. Statistical analysis on the NDVI values for each municipality .....**Error! Bookmark not defined.**
5.5.2. Estimating vegetation cover .....**Error! Bookmark not defined.**
5.5.3. Municipal Vegetation Cover maps .....**Error! Bookmark not defined.**
5.6. Conclusions..... **Error! Bookmark not defined.**
References ..... **Error! Bookmark not defined.**
Appendix 1 ..... **Error! Bookmark not defined.**
6. A GIS approach using Remote Sensing derived Products for Quantification of Sugar Cane Productivity in Brazil..... **Error! Bookmark not defined.**
6.1. Relevance of the application ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.1.1. The gap between science and practical agricultural management.....**Error! Bookmark not defined.**
6.1.2. Making crop modeling useful for decision-making: what output is needed, and what input data are required to achieve the modelling goals .....**Error! Bookmark not defined.**
6.1.3. Agro-meteorological parameters from satellite remote sensing products and GIS approach..... **Error! Bookmark not defined.**
6.1.4. Sugar cane crops in Brazil.....**Error! Bookmark not defined.**
6.2. Objectives of the application ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.2.1. General objective.....**Error! Bookmark not defined.**
6.2.2. Specific objective.....**Error! Bookmark not defined.**
6.3. Data used..... **Error! Bookmark not defined.**
6.3.1. Local/Regional (in-situ) data.....**Error! Bookmark not defined.**
6.3.2. Products used from GEONETCast.....**Error! Bookmark not defined.**
6.4. Methodology..... **Error! Bookmark not defined.**
6.5. Data pre-processing for quantification sugar cane productivity **Error! Bookmark not defined.**
6.5.1. Step 1: Input NDVI and DMP databases using algorithm adapted from GEONETCast Toolbox. **Error! Bookmark not defined.**
6.5.2. Step 2: Computation of FVC from NDVI.....**Error! Bookmark not defined.**

6.5.3. Step 3: Computation of LAI from FVC ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.5.4. Step 4: Computation of growth factor from LAI ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.5.5. Step 5: Computation of maximum yield potential (Yp) ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.5.6. Step 6: Retrieval of evapotranspiration (ET_p) via LSA –SAF ET_p product ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.5.7. Step 7: Estimation of sugar cane productivity ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.5.8. Step 8: Local mask of estimated yield ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.5.9. Step 9: Total Yield Productivity using a sugar cane crop mask ..... **Error! Bookmark not defined.**
6.6. Summary and Conclusions ..... **Error! Bookmark not defined.**
References ..... **Error! Bookmark not defined.**
7. Development of a tool to monitor crop growth and grain yield ..... Error! Bookmark not defined.
7.1. Relevance of the topic selected ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.2. Objective of the application ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.3. Data collection and pre-processing ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.3.1. NDVI data ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.3.2. Administrative boundary map ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.3.3. Meteorological data ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.3.4. Canopy cover fraction (fCov) measurements ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.3.5. Departmental Crop yield data ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.4. Methodology ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.5. Data processing and analysis ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.5.1. NDVI images (step ❶) ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.5.2. Solar radiation (step ❷) ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.5.3. Crop classification (step ❸) ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.5.4. Sum of NDVI (step ❹) ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.5.5. *f*Cov*PAR calculation (steps ❺ and ❻) ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.5.6. Maximum yield – Ymax (step ❼) ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.5.7. Actual yield - Ya (Step ❽) ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.5.8. Image Masking (step ❾) ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.5.9. Yield per Department (Step ❿) ..... **Error! Bookmark not defined.**
7.6. Conclusions ..... **Error! Bookmark not defined.**
References ..... **Error! Bookmark not defined.**
8. Aboveground Net Primary Productivity estimation of Pampa grasslands using MODIS and GOES data ..... Error! Bookmark not defined.
8.1. Relevance of the application ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.2. Objective of the application ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.3. Methodology ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.4. Data processing and analysis ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.4.1. Introduction ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.4.2. Data pre-processing ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.4.2.1. Data import into ILWIS ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.4.2.2. Further RUE and PAR pre-processing ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.4.3. Data analysis ..... **Error! Bookmark not defined.**
8.5. Conclusions ..... **Error! Bookmark not defined.**
References ..... **Error! Bookmark not defined.**
9. Estimation of ET from remote sensing and meteorological data using the method proposed by Jackson ..... Error! Bookmark not defined.

9.1. Relevance of the application ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.2. Objective of the application ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.3. Data used ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.3.1. Local / regional (in-situ) data ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.3.2. Data from GEONETCast – DevCoCast ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.4. Methodology and description of the study area ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.4.1. Methodology ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.4.2. Study Area ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.5. Data pre-processing ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.5.1. Satellite Remote Sensing data ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.5.1.1. Import and scale MODIS LST product ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.5.1.2. Import and scale MODIS Surface Reflectance product ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.5.2. Meteorological Data ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.5.2.1. Import of the INTA air temperature product ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.5.2.2. Import of the INTA Net Radiation product ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.5.2.3. Resampling the LST product ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.6. Computation of the ET ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.6.1. Compute Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.6.2. Create Map Lists ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.6.3. Compute Scaled Normalized Difference Vegetation Index (SNDVI) ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.6.4. Compute B and n ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.6.5. Compute temperature differences ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.6.6. Compute ET ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.7. Checking the ET results ..... **Error! Bookmark not defined.**
9.8. Conclusions ..... **Error! Bookmark not defined.**
References ..... **Error! Bookmark not defined.**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Ceremonia de inauguración de GEO en la sede central de la UN en Washington DC 1
Figura 1.2 Cobertura del sistema GEONETCast 2
Figura 1.3 Mapa para una visión general de DevCoCast 3
Figura 1.4 Arquitectura del sistema EUMETCast 6
Figura 1.5 Tellicast Client Software 10
Figura 1.6 EUMETSAT Key Unit 10
Figura 1.7 Cobertura del satélite Eurobird 9 y características del transponedor 11
Figura 1.8 Cobertura del satélite Atlantic Bird 3 y características del transponedor 11
Figura 1.9 Cobertura del satélite NSS-806 y características del transponedor 11
Figura 1.10 Esquema de la provisión y diseminación de datos en DevCoCast 12
Figura 1.11 Esquema de los proveedores de datos de DevCoCast, hubs y la transmisión de EUMETCAST 14
Figura 1.12 Descripción de las operaciones de un hub 16
Figura 1.13 Grafico de transmisión del hub PML de DevCoCast a lo largo de varios días 17
Figure 2.1 The location of study area. ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 2.2 Flowchart of methodology adopted ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 2.3 SPOT Vegetation NDVI, Latin America of 20020101 ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 2.4 Options to create a Sub Map of the study area and resulting map obtained ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 2.5 Graph of NDVI values collected over the sample area using "Ibirapuita_2002" map list ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 2.6 Table with insitu measurements and scatter plot showing relationship ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 2.7 Exponential function derived ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 2.8 Options to generate the set of aboveground biomass map ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 2.9 The colour representation for the Pampa aboveground biomass ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 2.10 Aboveground biomass map for January 2002 ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 2.11 Residual analysis ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.1 Region selected in the Southeast of Brazil ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.2 Methodology for crop yield monitoring using SPOT-VEGETATION indices ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.3 GNC-Toolbox menu for import of the SPOT VGT products for Latin America ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.4 The batch routine directory of the GNC-Toolbox ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.5 SPOT VGT NDVI import batch file for Latin America ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.6 For – Do loop batch procedure ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.7 NDVI S10 import routine screen information ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.7 Create a Map List ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.8 Resampling a Map List ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.9 Map List calculation to derive the FVC using a NDVI time series ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.10 Local data from areas with sugarcane, coffee, bio fuels and reforestation in States of São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro and Espírito Santo, Southeast Brazil ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.11 NDVI map with coffee mask and time series graph of a pixel . **Error! Bookmark not defined.**

Figure 3.12 The resulting coffee table containing the time series indices values ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 3.13 Time series graphs of coffee, sugarcane, bio fuel and reforestation ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 4.1 Flow chart showing the main steps to derive ET using SEBS model in ILWIS and GEONETCast toolbox ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 4.2 Creating a sub map of SPOT VGT4 NDVI for Minas Gerais State and sub map details ... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 4.3 Resampling settings and the resulting Albedo sub map ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 4.4 Solar zenith angle of MSG for the full disk and resampled to the Minas Gerais georef ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 4.5 Editing first column of each line with appropriate column name ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 4.6 Table to point map conversion and INMET ground stations distribution **Error! Bookmark not defined.**
Figure 4.7 SEBS data entry form in ILWIS ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 4.8 SEBS daily ET (mm/day), using single downward solar radiation value (left) and LSA SAF DSSF map (right) ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 4.9 Map detail showing various vector layers of irrigated areas by center pivots .... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 4.10 Aggregating the daily evapotranspiration from SEBS to pivots areas ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 5.1 Flowchart of the adopted methodology ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 5.2 Sao Paulo State with the municipal boundaries and its location in Brazil .. **Error! Bookmark not defined.**
Figure 5.3 Importing S10 NDVI images using the Geonetcast Toolbox plug-in ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 5.4 Example Map List created with the three decades from December 2009 . **Error! Bookmark not defined.**
Figure 5.5 Monthly NDVI maximum value composite with Sao Paulo State political vector map ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 5.6 Sub map settings to select the Sao Paulo State region ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 5.7 Column aggregation and adding resulting column to external table ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 5.8 MapList Calculation ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 5.9 Vegetation coverage for January 2008 ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 5.10 Vegetation cover aggregated per municipality, Sao Paulo State, January 2008 **Error! Bookmark not defined.**
Figure 5.11 Aggregated Vegetation Cover and time series graph of a pixel **Error! Bookmark not defined.**
Figure 6.1 Flow chart of the methodology adopted ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 6.2 Calculation the FVC time series from NDVI ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 6.5 LAI MapList calculation to obtain LAI ..... **Error! Bookmark not defined.**
Figure 6.9 Ye-total for the Cururipe area and cross results using a sugar cane mask .. **Error! Bookmark not defined.**
Figure 7.1 fCover measurements of corn, original (left) and classified results (right). **Error! Bookmark not defined.**
Figure 7.2 Flow chart of adopted methodology ..... **Error! Bookmark not defined.**

Figure 7.3 Reclassify negative NDVI values as no data values.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 7.4 NDVI profiles.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 7.5 Yield and number of sample pixels per Department for corn and soybean.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 7.6 MapList Sum Function.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 7.7 Final Maplist of fCov_PAR.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 7.8 MapList Statistics SUM function of fCov_PAR .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 7.9 Raster Map Definitions .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 7.10 Table Aggregation of corn – soybean yield per Department.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 7.11 Resulting table showing observed versus calculated yield.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 7.12 Residual analysis of the observed versus calculated yields .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 8.1 Flow chart of the followed methodology.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 8.2 Study area located in the Pampas Region.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 8.3 MS DOS command line window.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 8.4 NDVI_0107 submap and resampled RUE_sprsumr and PAR_0107r maps....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 8.5 fPar calculations for the whole NDVI maplist.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 8.6 MapList calculations to correct the fPAr .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 8.7 Maplist calculations to obtain the APAR and the resulting map for January 2007 .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 8.8 Prepare ILWIS script to calculate the monthly ANPP .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 8.9 ILWIS Script parameter definition for ANPP calculation .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 8.10 ANPP map calculated for the month of January 2007 .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 8.11 Final ANPP map for 2007.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.1 Flow chart of the proposed ET processing chain.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.2 Study area located at the central region of Argentinean territory. Triangles show the location of meteorological ground station used to estimate ET.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.3 Batch file 1 to start the multi temporal import routine.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.4 Batch file 2 for importing the Land Surface Temperature data...**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.5 Starting the batch processing from a CMD window.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.6 Batch file 2 for importing the Surface Reflectance data .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.7 Batch file 2 for importing the Air Temperature data .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.8 Batch file 2 for importing the Net Radiation data .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.9 Map calculation window to compute the NDVI .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.10 Create Map List window.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.11 Map List calculation window to compute the SNDVI .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.12 Map List calculation window to Compute B (left) and n (right) .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.13 Map List calculation window to compute temperature differences.....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.14 Map List calculation window to compute the ET .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.15 Resulting ET map for Julian day 153 of 2009 .....**Error! Bookmark not defined.**
Figure 9.16 Comparing estimated ET for Julian day 153 with PET.....**Error! Bookmark not defined.**

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 GEONETCast – proveedores principales de información satelital y productos derivados.....2
Tabla 1.2 Dimensión de las antenas para distintas regiones..... 10
Table 2.1 Dates selected for NDVI files used in this study..... **Error! Bookmark not defined.**
Table 3.1 Set of equations used..... **Error! Bookmark not defined.**
Table 6.1 K_c for various crop growth stages..... **Error! Bookmark not defined.**
Table 7.1 NDVI images, timing details and Manfredi accumulated solar radiation (SRAD, MJ m^{-2}) ... **Error! Bookmark not defined.**
Table 7.2 Corn and soybean yields of main agricultural crops in Cordoba in 2005-2006 crop season. **Error! Bookmark not defined.**
Table 9.1 Data sets characteristics ..... **Error! Bookmark not defined.**