

# Análisis de Factibilidad para el Desarrollo de un Prototipo que Calcule en Tiempo-Real la Humedad de la Yerba Mate a la Salida del Sapecador

UNCPBA – Fac Cs Exactas – INTIA

UNaM – Fac Cs EQyN

N. Acosta, M. Marinelli, L. Leiva, M. Viale, H. Kuna, J. Toloza, C. Kornuta, S. Holowaty, M. Poncio  
{nacosta, lleiva, jmtoloza}@exa.unicen.edu.ar, {marcelomarinelli, hdkuna}@gmail.com

## Resumen

Este proyecto presenta el análisis de la factibilidad para el desarrollo de un prototipo que calcule en tiempo-real la humedad de la yerba mate a la salida del sapecador. Para lo cual se utilizarán técnicas de inteligencia artificial, reconocimiento de patrones y análisis de imágenes.

**Palabras clave:** reconocimiento de patrones, señales, sensores, detección de humedad

## 1.-Contexto y Financiación

Proyecto evaluado y financiado por el **INYM** (Instituto Nacional de Yerba Mate) del **PRASY** (Programa Regional de Asistencia al Sector Yerbatero). Las Universidades Participantes son:

- Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires: en el proyecto “*Plataformas digitales de sistemas de entrada/salida complejos*” perteneciente al grupo INCA del instituto de investigación INTIA de la Facultad de Ciencias Exactas.
- Universidad Nacional de Misiones: en el proyecto “*Aplicación de Técnicas de IA para la navegación de robots móviles*” del Programa de Investigación en Computación de la Facultad de Cs. Exactas, Químicas y Naturales.

## 2.-Diagnóstico

El procesamiento de la Yerba Mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire) comprende 5 etapas: sapecado, secado, molienda gruesa o canchado, estacionamiento y molienda fina. Las tres primeras se llevan a cabo en establecimientos denominados de “procesamiento primario” o “secaderos”. En estos establecimientos la yerba mate es procesada en forma de ramas enteras, llevándose a cabo las etapas de sapecado y secado, hasta alcanzar un contenido de humedad de tal forma que no sufra transformaciones de deterioro. En la última etapa, el canchado, el material se somete a una molienda gruesa y luego a un tamizado para separar los palos de diámetros grandes. Luego de esta molienda, la Yerba Mate es colocada en

bolsas de 40-50Kg y éstas son almacenadas en depósitos para su estacionamiento.

Para estudiar el porcentaje e intensidad de la cobertera vegetal de una zona mediante imágenes satelitales, se acostumbra a utilizar lo que se conoce como Índices de Vegetación (NDVI). El principio en que se basan éstos índices es el fuerte contraste existente entre la reflectancia de las plantas en el rojo y el infrarrojo cercano. En las plantas con actividad fotosintética, las moléculas de clorofila absorben la luz roja; mientras que las células de las hojas, en un estado de turgencia normal, reflejan la mayor parte de la radiación infrarroja que reciben. La vegetación verde y vigorosa refleja mucho menos en la banda visible roja (banda 1), región de absorción de la clorofila, que en la banda cercana infrarroja (banda 2), región de alta reflectancia del componente celulósico.

Hasta el momento hay muchos trabajos realizados donde se utiliza estos espectros lumínicos para el análisis del estado del cultivo. Hemos desarrollado algunas tareas para aplicar el sensor ACS-210 fuera de los usos estándares para los cuales ha sido diseñado. En el año 2009 el INTIA (*Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada*, dependiente de la *Facultad de Ciencias Exactas* de la *Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Bs. As.*) desarrolla un proyecto para detectar el nivel de necesidad de agua por parte del cultivo, donde se trata de aislar el ruido que genera la humedad para obtener valores que representen el tiempo que hace que la planta no recibe agua. El conjunto de datos adquirido por los sensores, es procesado por un

clasificador que se encarga de determinar una de las categorías a la que pertenece cada una de las muestras de entrada. La técnica de clasificación utilizada es a través de una red neuronal RBF. Estas redes poseen una estructura simple de implementación y el tiempo de entrenamiento se ve reducido en comparación con otras técnicas neuronales. Esta experiencia en el pasto ha sido documentada ampliamente en la literatura.

En este proyecto, pretendemos analizar la factibilidad de aislar ese ruido, y estudiarlo para poder determinar el nivel de humedad de la yerba a la salida del sapecador.

### 3.-Objetivos del proyecto

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de un prototipo que permita calcular en tiempo-real a distancia la humedad que tiene la yerba mate a la salida del sapecador. Para la lectura del estado se utilizará un sensor óptico de biomasa NDVI, donde la humedad genera ruido en las señales capturadas. Se deben estudiar los algoritmos y técnicas que permitan el filtro de la señal para poder tener una representación directa de la humedad.

Los objetivos particulares son:

- Determinar si es factible utilizar este tipo de sensor para el análisis de la humedad de la yerba mate que sale del sapecador.
- Determinar algoritmos que permitan la detección de márgenes de humedad en la yerba mate a la salida del sapecador.
- Determinar la reacción de la humedad en las hojas y ramas de la yerba mate a la salida del sapecador, en base a las frecuencias de respuesta del sensor.
- Determinar la fiabilidad del método (márgenes de error, con la identificación de las posibles fuentes de error).

### 4.-Descripción del proyecto

#### 4.1.-Etapas

Este proyecto es el análisis de factibilidad de la utilización de un sensor de biomasa NDVI para analizar la humedad de la yerba mate a la salida del sapecador.

Este prototipo es un proyecto a realizarse por la colaboración de dos equipos que trabajan simultáneamente, el de APOSTOLES de la UNAM (Provincia de Misiones) y el de TANDIL de la UNCPBA (Provincia de Buenos Aires). Así que en varias etapas se estarán realizando al menos dos tareas, coordinadas mediante visitas y medios electrónicos de comunicación.

A continuación un detalle de cada una de las etapas:

- En la **primera etapa (mes 1 a 3)**, se realizarán tres tareas: a) Se toman muestras con el sensor a la salida del sapecador. b) Se tomarán muestras tratando de imitar el comportamiento de la yerba mate a la salida del sapecador. c) Se analizarán las muestras tomadas a la salida del sapecador (por el laboratorio y por el experto de la planta).
- En la **segunda etapa (mes 4 a 6)**, Se determinan los filtros a utilizar para separar los valores que representan la humedad de los otros valores del sensor, analizando los datos tomados durante la primer etapa.
- En la **tercer etapa (mes 7 a 9)**, se realiza una clasificación automática (usando redes neuronales o alguna otra técnica de Inteligencia Artificial) para la detección de la humedad usando el sensor. Se analizarán los datos para ver si se puede detectar el comportamiento automático, en base a las comparaciones con los otros valores.
- En la **cuarta etapa (mes 10 a 12)**, se prueban y ajustan los algoritmos del sistema para una mejor detección de la humedad en el ambiente de trabajo definido. Se documentan los experimentos para determinar los márgenes de error y de trabajo.

#### 4.2.-Resultados esperados

Se pretende alcanzar los siguientes resultados:

- Determinar si es viable la utilización de un sensor de biomasa para la detección de humedad a la salida del sapecador.
- Diseñar los algoritmos necesarios para la detección de humedad en la yerba mate a la salida del sapecador.
- Si bien los valores de humedad obtenidos serán compuestos por la integración de los valores de hoja y palo, se intentará su análisis individual también.
- Como informe final, se presentará un análisis del comportamiento del sensor en un sapecador real, los rangos de valores leídos y su interpretación para determinar la humedad de la yerba.
- Determinar las cantidades de humedad en la yerba y los márgenes de error del método.

#### 4.3.-Técnicas Analíticas a ser utilizadas

- **Obtención de muestras en sapecador:** Las muestras se obtendrán de establecimientos industriales de la provincia de Misiones, y además dicha muestra será tomada para ser analizada en laboratorio, además de obtenerse la medición del experto de la planta.
- **Obtención de otras muestras en laboratorio:** Se obtendrán muestras de otro tipo de vegetales que se puedan analizar, a pesar de no ser temporada de cosecha de yerba mate (no sólo de establecimientos industriales yerbateros). Esta técnica nos permitirá trabajar a distancia, por ejemplo desde Tandil.
- **Medición de las muestras en el sapecador:** Se realizarán mediciones a la salida del sapecador con el sensor. Los valores analizados serán asociados a la opinión del experto de la planta, y a la medición de humedad del laboratorio.
- **Determinación del contenido de humedad de la muestra en laboratorio:** Se realizarán análisis de humedad para comparar con el valor obtenido con el sensor, tanto para las muestras en el sapecador como las otras muestras.

- **Determinación del margen de error:** Las mediciones de humedad de la muestra serán procesadas en conjunto con el análisis del laboratorio, para realizar los ajustes necesarios en el software de proceso de las señales del sensor. Se hará un estudio estadístico para determinar el error de trabajo del sensor y del prototipo del sistema analizado.

#### 5.-Estado actual del proyecto al 15 de MARZO de 2012

- **Muestras en sapecador (Etapa 1):** Ya se han obtenido las muestras en establecimientos industriales de la provincia de Misiones, tanto las muestras con el NDVI como óptica y además la analizada en laboratorio.
- **Algoritmos de análisis (Etapa 2):** Ya se han diseñado y programado casi todos los algoritmos a probar para el análisis de la detección de la humedad de la yerba mate, utilizando: clasificadores basados en lógica difusa y redes neuronales, funciones de tratamiento de señal (filtros, Kalman, Fourier, analizador de linealidad y dispersión de muestras, etc), y clasificadores ópticos por histograma, vectores varios, planos de color, centro de masa y redes neuronales.

#### 6.-Formación de Recursos Humanos

El proyecto involucra a dos becarios de postgrado (uno CONICET y otro de la Agencia), y tres alumnos de grado. El resto somos investigadores de las respectivas universidades.

#### Referencias Bibliográficas

- Acosta H. Nelson & Sosa Gastón. "Fertilizadora de dosis variable", PREMIO INNOVAR 2006, en el segmento destinado a innovaciones del agro. AGENCIA. 2006.
- J. Álvarez-Mozos, J. Casalí, M. González-Audícana y J. J. López. "Estimación de la humedad superficial del suelo mediante teledetección radar en presencia de una cubierta de cereal". Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol VII. F.J. Samper Calvete y A. Paz González, 2005.

- Armando A. Apan, and Andries B. Potgieter. "Using satellite imagery in determining winter crop area", Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland, and Queensland Centre for Climate Applications, Department of Primary Industries, Toowoomba, Australia. 2009.
- F. Belda, J. Melia, y D. Segarra. "Relación entre el NDVI, precipitación y humedad del suelo. Aplicación a zonas forestales de la provincia de Alicante". Teledetección. Avances y Aplicaciones. VIII Congreso Nacional de teledetección. Albacete, España 1999. Pp: 80-86.
- José Castaño, Agustín Gimenez, y Laura Olivera. "Identificación del área ocupada con cultivos de invierno utilizando imágenes del satélite landsat", IX Congreso nacional de ingenieros agrónomos, Octubre 2005.
- R.J. Chynoweth, M.P. Rolston, J.A.K. Trethewey, & B.L. McCloy. "Predicting spring nitrogen for perennial ryegrass seed crops from NDVI", Int report of the Foundation for Arable Research, PO Box 80, Lincoln 7640, New Zealand. 2006.
- Susan Ciavarella, Anthony Blakeney, Graeme Batten, Alison Bowman & Brian Dunn. "NIR to enhance precision crop management", IREC Farmers Newsletter, No. 174, 2007.
- Ding Mingjun, Zhang Yili, Liu Linshan, Zhang Wei, Wang Zhaofeng, Bai Wanqi. "The relationship between NDVI and precipitation on the Tibetan Plateau", Journal of Geographical Sciences. Science in China Press Springer-Verlag. DOI: 10.1007/s11442-007-0259-7. 2007.
- Editorial note. "The use of NIR sensors in cropping", Precision Agriculture, Nro 85. 2009.
- Carmina Fandos, Federico José Soria, Jorge Scandaliaris, y Pablo Scandaliaris. "Integración de imágenes satelitales y SIG para la determinación de daños por heladas en caña de azúcar, zafra 2007, Tucumán, Argentina", Anais XIV Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, Abril 2009. INPE. Pp: 151-158. 2009.
- Fernando O. Garcia e Inés C. Daverede. "Diagnóstico para recomendación de fertilización nitrogenada en cultivos de interés agronómico", Precision Agriculture, Nro 81. 2008.
- R. Gislum & B. Boelt. "Modelling critical NDVI curves in perennial ryegrass", Aarhus University, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Genetics and Biotechnology, Forsøgsvej 1, DK-4200 Slagelse, Denmark. 2009
- Raj Gupta. "Crop Sensing for Improved Nitrogen Use Efficiency", USDA Funded Project No.58-0210-5-017F, The Rice-Wheat Consortium, New Delhi. 2006.
- Holland Scientific. "Crop canopy sensors for Efficient Nitrogen management in the Indo-Gangetic plains". GreenSeeker Technical Report. 2009.
- Holland Scientific. "Using crop sensors for nitrogen management in wheat". GreenSeeker Technical Report. 2010.
- IRAM 20503. Instituto de Racionalización de Materiales. "Yerba mate: determinación de la pérdida de masa a 103°C". 1995.
- IRAM N° 20510: "Yerba Mate: determinación del extracto acuoso". Instituto Argentino de Racionalización de Materiales-Norma 20510. 1995
- Isla, R. y Lopez-Lozano R. "Comparación de distintos índices de vegetación para detectar deficiencias de nitrógeno en maíz". XI Congreso Nacional de Teledetección, 21-23 septiembre 2005. Puerto de la Cruz. Tenerife.
- Kotik, B.E. 1994. 2° curso de capacitación en producción de Yerba Mate. Molinería de la Yerba Mate. INTA-Estación Agropecuaria Cerro Azul, 109-112.
- J. A. Martínez-Casasnovas, M. Concepción Ramos y D. Vallés. "Análisis de la relación entre las propiedades del suelo, el índice de vigor del cultivo y el rendimiento en un viñedo", Teledetección: agua y desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud, septiembre de 2009, pp: 37-45. 2009.
- Melchiori, Ricardo, Albarenque, Susana, Schulz, Guillermo, Kemerer, Alejandra, Bedendo, Dante. "Determinación de zonas de manejo mediante relevamiento de suelos y herramientas informáticas", 38° JAIIO - Congreso Argentino de AgroInformática (CAI 2009), pp. 164-174, 2009.
- Ministerio de Asuntos Agrarios, gobierno de la Provincia de Buenos Aires. "Estimación de área sembrada en la Provincia de Buenos Aires". 2006.
- J. Moody and C. Darken, "Learning with localized receptive fields," Proc. Connectionist Models Summer School, San Mateo, CA, 1988.
- Heather D. Nivens, Terry L. Kastens, and Kevin C. Dhuyvetter. "Using Satellite Imagery in Kansas Crop Yield and Net Farm Income Forecasts", NCR-134 Conference on Applied Commodity Price Analysis, Forecasting, and Market Risk Management Chicago, Illinois, April 17-18, 2000.
- Cankut Ormeci, Ugur Alganci and Elif Sertel. "Identification of Crop Areas Using SPOT - 5 Data", TS 4H - Remote Sensing and Imagery, FIG Congress 2010. Sydney, Australia, 11-16 April 2010.
- I. Park and I. W. Sandberg, "Universal approximation using radial basis function networks," Neural Computat., vol. 3, pp. 246-257, 1991.
- Philip J. Bauer, Dean E. Evans, and Ernest E. Strickland. "Cotton NDVI response to applied N at different soil levels", Coastal Plains Soil, Water, and Plant Research Center. USDA-ARS. Florence, South Carolina. 2010.
- Ramallo, L.A., Lovera, N.N. Y Schmalko, M.E. "Effect of the application of intermittent drying on *ilex paraguariensis* quality and drying kinetics". Journal of Food Engineering. 2009.

- M. Rouchdi, S. Chahboun, A. Ramdane, M. Hammoudo, y A. Rahou. "Change detection of irrigated crop land using satellite imagery", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing 2008
- Schmalko, M.E. Scipioni, P.G. y Ferreyra, D.J. "Effect of water activity and temperature in color and chlorophylls changes in yerba maté leaves". International Journal of Food Properties 8, pp. 313-322. 2005.
- Lina Shou, Liangliang Jia, Zhenling Cui, Xinping Chen, and Fusuo Zhang. "Using High-Resolution Satellite Imaging to Evaluate Nitrogen Status of Winter Wheat", Journal of Plant Nutrition, ISSN: 0190-4167. Nro. 30: 1669–1680, 2007
- StatSoft Inc, "Neural Networks", www.statsoftinc.com, 2003.
- J. Toloza, L. Leiva, A. Riba, F. Carmona, y N. Acosta. "Desarrollo de un prototipo de sistema portátil para la detección en tiempo-real de la necesidad de riego en cultivos de producción intensiva", XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Morón (Buenos Aires). 2010.
- Torroba, Fermín y Menéndez Fernando José. "Utilidad de diferentes combinaciones de bandas para la delimitación de ambientes en un establecimiento agropecuario de la Región Pampeana Argentina", Sitio Argentino de Producción Animal. 2007.
- Pawel Wiatrak, Ahmad Khalilian, David Wallace, Will Henderson, and Richard Hallmen. "Incorporating soil electric conductivity and optical sensing technology to develop a site-specific nitrogen application for corn in South Carolina", CSREES/USDA, project number SC-170032/2008. Technical Contribution No. 5510, Clemson University.
- Xinhua YinA Angela McClureA and Don TylerB. "Relationships of plant height and canopy NDVI with nitrogen nutrition and yields of corn", Department of Biosystems Engineering and Soil Sciences, University of Tennessee, 605 Airways Blvd., Jackson, TN, USA 38301. 2008.