

## Experiencia de vinculación Universidad-INTA- Industria azucarera

Alejandro Hadad<sup>1</sup>, Agustín Solano<sup>1</sup>, Alejandra Kemerer<sup>2</sup>, Gerardo Schneider<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Lab. de Sistemas de Información, Fac. De Ingeniería, Universidad Nacional de Entre Ríos  
Ruta 11, Km 10,5, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina  
{ajhadad, asolano, gschneider}@bioingenieria.edu.ar

<sup>2</sup> INTA-EEA - Grupo de Recursos Naturales y Factores Abióticos,  
Ruta 11, Km 12, Oro Verde, Entre Ríos, Argentina  
kemerer.alejandra@inta.gob.ar

**Resumen.** En el presente trabajo, se describe la experiencia de interacción entre la Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), el INTA-EEA y productores de la Industria azucarera. Se presenta una descripción de los hechos que dieron lugar a la interacción y los resultados obtenidos en lo que refiere al procesamiento y gestión de imágenes multiespectrales de cuadros productivos de caña de azúcar y a la conformación del equipo de investigación interdisciplinario. El mismo actualmente lleva adelante un proyecto de investigación novel en la universidad.

### 1 Introducción

Los procesos de vinculación entre actores del sector productivo-industrial y el científico-tecnológico para dar solución a problemáticas particulares redundan en un claro beneficio para todas las partes involucradas. Sin embargo, en muchos casos, los canales para el intercambio de información son escasos o no se han explorado, al menos en el sector de la agroindustria. En los últimos años se ha comenzado a generar un cambio y en esta perspectiva se inscribe la experiencia aquí descrita. En la misma lo particularmente interesante es el modo en que se ha dado la interacción y cómo ha evolucionado en el tiempo, dado que el aporte concreto a la industria no fue el origen del acercamiento sino que este derivó del análisis conjunto de otras condiciones productivas conocidas por la empresa pero no manejadas y menos aún cuantificadas. Es un claro ejemplo donde una situación problemática no es adecuadamente diagnosticada y por lo tanto carece de una estrategia de manejo.

La inquietud original de la empresa pasaba por el sector productivo, buscaba incorporar tecnologías para identificar ambientes de productividad diferente, a partir de imágenes satelitales o fotografías aéreas, en los cuales aplicar fertilización variable en el cultivo de caña de azúcar, utilizando conceptos desarrollados para otros cultivos (maíz, trigo). Por tal motivo, se iniciaron contactos con investigadores del proyecto Agricultura de Precisión, del grupo de Recursos Naturales y Factores Abióticos de la Estación Experimental Agropecuaria Paraná del INTA, que tenían experiencia en este tema.

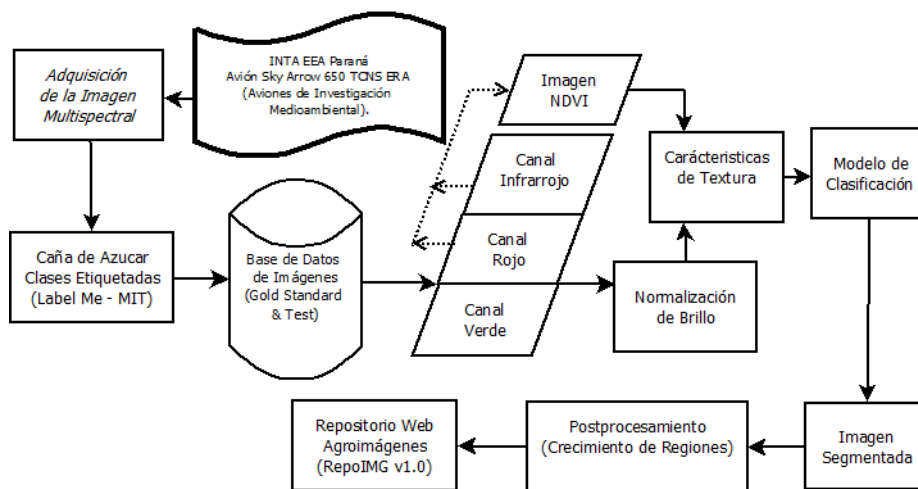
Se coordinaron acciones conjuntas con la empresa a fin de obtener las fotografías aéreas para su posterior procesamiento. Una vez obtenido el producto final se pudo constatar que a diferencia de otros cultivos, la caña de azúcar cuando alcanza su máximo crecimiento es susceptible a volcarse y el uso de índices convencionales obtenidos a partir de las fotografías no permitía discriminar áreas de productividad diferente. En las reuniones de intercambio mantenidas con la empresa se pudo constatar que la presencia de caña caída genera una serie de complicaciones operativas porque dificulta y retrasa la cosecha y esto incide de manera directa en el proceso industrial. En el ingenio azucarero se requiere un aporte constante de material y un retraso en la cosecha afecta la logística y disminuye el volumen que ingresa, afectando la eficiencia del proceso. Asimismo, la cosecha de caña caída empleando métodos convencionales aporta mayor proporción de material extraño al ingenio y con esto aumenta el tiempo de lavado y procesamiento, con el consecuente incremento en el consumo de agua y costos asociados, se produce un mayor desgaste de los equipos y una disminución en el rendimiento fabril. Otro factor que se ve afectado es el transporte, ya que en cosecha convencional la cantidad de caña que puede transportarse cuando hay presencia de caña caída es considerablemente inferior. Es sabido que existen alternativas para disminuir los efectos negativos de la presencia de caña caída en la industria, que tienen que ver con realizar una cosecha diferencial, a menor velocidad, con un tamaño menor de troceado para disminuir el aporte de material extraño y optimizar el transporte. Para poder aplicar una cosecha diferencial resulta necesario conocer la proporción de caña caída presente en cada lote y esta es la información que la empresa no podía obtener de manera sencilla y confiable.

La identificación de la caña caída requiere aplicar procedimientos complejos que excedían las capacidades de la empresa y el INTA por lo cual se estableció una vinculación con los investigadores del Laboratorio de Sistemas de Información (ex-Grupo de Inteligencia Artificial Aplicada) de la Facultad de Ingeniería (FI) de la UNER. Este grupo de investigadores tiene una amplia trayectoria en desarrollos para aplicaciones biomédicas en lo que refiere al procesamiento de señales e imágenes y sistemas de información. De esta manera se logró conformar un grupo interdisciplinario que permitió considerar la solución al problema desde diferentes perspectivas.

El objetivo planteado en la vinculación entre la UNER-INTA-Industria azucarera fue desarrollar una metodología para cuantificar el área de caña de azúcar caída y en pie a fin de optimizar la logística de cosecha, transporte e incrementar la eficiencia en la industria. Los objetivos específicos planteados fueron: caracterizar la componente espectral de la caña caída y la caña en pie, desarrollar y evaluar metodologías para la cuantificación del área de caña caída y criterios para la clasificación del tipo de cosecha a utilizar, generar un repositorio Web de imágenes para caracterizar la caña caída y mensurar el impacto de dicha cuantificación en los procesos productivos antes mencionados. A partir de las inquietudes y para afrontar los objetivos planteados se formuló un proyecto financiado por la universidad (UNER), que permitió llegar al desarrollo una primera propuesta metodológica concreta.

## 2 Metodología y Resultados

Se acordaron los lineamientos de trabajo y las actividades a realizar por cada parte. La empresa brindó las imágenes multiespectrales de los cuadros productivos de caña de azúcar y las bases de datos de producción con información sobre fecha de plantación, de cosecha, variedad, rendimiento bruto, contenido de materia extraña en industria, rendimiento fabril, entre otros. Entre los investigadores de INTA y FI-UNER se mantuvieron reuniones periódicas donde se fueron discutiendo y evaluando aproximaciones y metodologías a aplicar en función de las características de la caña caída y en pie. El flujo de trabajo integrado describe en el diagrama indicado en la Figura 1.



**Fig. 1** – Flujo de Trabajo para el procesamiento de las imágenes

Para la caracterización de las áreas con caña de azúcar en pie y caída en las imágenes, se procedió a etiquetarlas a través de la herramienta Label Me [1] la cual dio parte del soporte gráfico para el marcado de las zonas, automatizando el registro para un procesamiento posterior [2,3]. En dicho procesamiento se utilizaron las etiquetas para la construcción y validación de los modelos de identificación de regiones a través de técnicas de reconocimiento de patrones e inteligencia computacional. Finalmente con los modelos ya validados se realizó un análisis del impacto de la cuantificación obtenida en el proceso productivo [3,4]. Adicionalmente se está construyendo una herramienta web para la carga de imágenes y aplicación de los modelos de manera colaborativa [5]. Un ejemplo de la aplicación de estos modelos sobre las imágenes se muestra en la figura 2.

En lo que refiere al impacto económico, como se menciona anteriormente, la identificación de regiones más eficiente de caña caída y en pie incide en la gestión de recursos asociados al procesamiento de la misma tales como, transporte de la materia prima, lavado de la caña y la aplicación de maduradores químicos entre otros. Por otro lado con el fin de considerar la transferencia a la industria del desarrollo realizado, se analizó el impacto económico de la misma. En este caso, se consideró además el costo

de contratar el servicio de adquisición de las imágenes áreas multispectrales. Con las imágenes y el programa ofrecido es posible realizar el análisis del estado del cultivo. Para analizar el costo del desarrollo y el precio que se debería pagar por adquirirlo, se tuvo en cuenta el tiempo de desarrollo, el estipendio del desarrollador, gastos en equipamiento e insumos. Luego de un relevamiento de los costos antes descriptos se confecciono la Tabla 1 en la cual se listan los costos aproximados (sin impuestos) por hectárea que agrega este tipo de desarrollos para distintas extensiones de cultivo. Se puede observar que a partir de las 1000 hectáreas el costo de incorporación crece a una tasa mayor. Esto no significa que sólo los productores que tengan un establecimiento de dicho tamaño son los únicos usuarios posibles, sino también que las cooperativas que agrupen varios productores podrían adquirir el software de análisis.

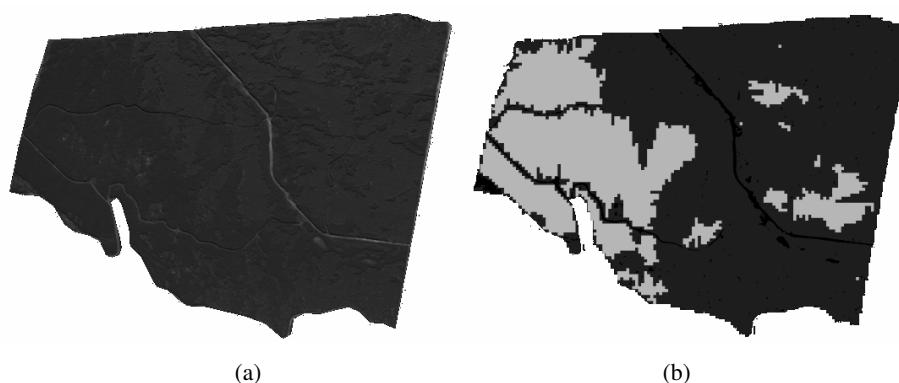


Fig. 2 – (a)- Imagen original, (b) Imagen Segmentada (cuadro productivo k49)

Tabla 1. Estimaciones de costos

Cantidad de hectáreas	Costo de Imágenes	Costo de Análisis	Total
5000	30,25 \$/ha	15,80 \$/ha	46,10 \$/ha
2500	36,30 \$/ha	31,60 \$/ha	67,90 \$/ha
1000	48,40 \$/ha	79,10 \$/ha	127,50 \$/ha
500	60,50 \$/ha	158,20 \$/ha	218,70 \$/ha
100	72,60 \$/ha	791,20 \$/ha	863,80 \$/ha

Las etapas hasta aquí concluidas derivaron en una propuesta metodológica la cual requiere la implementación de un protocolo de evaluación a campo. El mismo debe considerar al menos un año de cosecha diferenciada, a partir de los resultados del software de análisis, respecto a una o más cosechas previas tradicionales (preferentemente debería tomarse en cuenta un período mayor para considerar la variabilidad ambiental no mensurable). El protocolo de evaluación estaría orientado a comparar la presencia de materia extraña y su impacto en costos directos y derivados. Dentro del proceso de vinculación, el INTA realizaría su segunda intervención a través del diseño e implementación en conjunto con la industria azucarera.

En vista a ser utilizado en lo que resta del proceso de vinculación se está desarrollando el Repositorio Web *Agroimágenes* (RepoIMG v1.0), el cual le permitirá almacenar compartir y organizar el flujo de procesamiento de imágenes (figura 3).

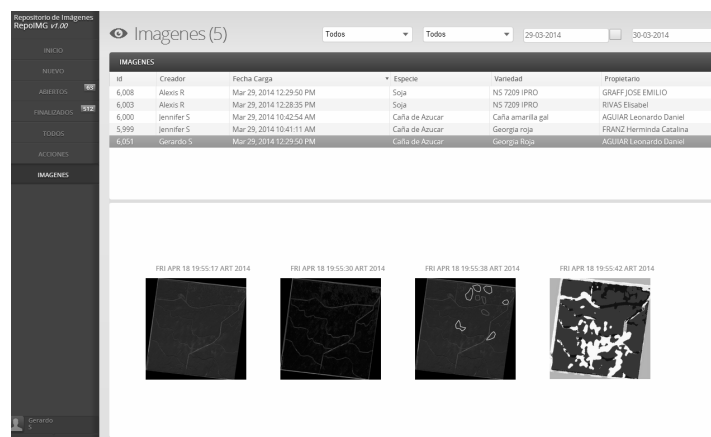


Fig 3 - Repositorio Web Agroimágenes (Imagen Original/Filtrada/Etiquetada/Segmentada)

### 3 Conclusiones

A partir de la vinculación establecida ha sido posible la conformación de un grupo multidisciplinario funcional potenciando capacidades del sector científico e industrial sin relación previa. Se desarrollaron prototipos funcionales (algoritmos de segmentación y repositorio web) que permiten la aplicación de las metodologías desarrolladas sobre nuevas imágenes multiespectrales de caña de azúcar, como así también una estimación del impacto económico. Además el trabajo en conjunto permitió generar un proyecto de investigación novel financiado por la universidad denominado *Análisis de imágenes multiespectrales de cuadros productivos de caña de azúcar*. A partir del mismo se han derivado dos tesinas de grado y las publicaciones en revistas y congresos indicadas en las referencias de este trabajo.

### Referencias

1. B. Russell, A. Torralba, K. Murphy, W. T. Freeman. LabelMe: a database and web-based tool for image annotation. International Journal of Computer Vision, 2007. Disponible en: <http://people.csail.mit.edu/brussell/research/AIM-2005-025-new.pdf>
2. Solano A.; Schneider G.; Kemerer A.; Hadad A.. Characterization of multispectral aerial images of sugarcane. Journal of Physics: Conference Series.: IOP Publishing. 2013 vol.477 n°1. p -. issn 1742-6588. eissn 1742-6596 (2013)
3. Schneider G.; Hadad A.; Kemerer A.. Implementación de un software para el análisis de imágenes aéreas multiespectrales de caña de azúcar. V. Informática. Manizales: Facultad de Ciencias e Ingeniería, Univ. de Manizales. vol.28 n°. p10 - 24. eissn 0123-9678 (2013)
4. Solano A.; Schneider G.; Kemerer A.; Hadad A.. Texture Analysis for the Segmentation of Sugar Cane Multispectral Images. Argentina. Buenos Aires. Jornadas Argentinas de Informática. SADIO & Univ. de Palermo (2014)
5. Schneider G., Solano A., Kemerer A., Hadad A., Gestión y procesamiento de imágenes aéreas de caña de azúcar. WICC 2015 - Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. Univ. Nac. De Salta, Salta (2015)