



 **cultivar** *decisiones*
CONOCIMIENTO AGROPECUARIO

nº 113 – 03 de febrero 2016

Ayudando a la estimación del rendimiento con imágenes satelitales

Cada vez que recorremos un lote, consciente o inconscientemente estamos estimando su rinde. Por cuestiones comerciales y/o de logística, muchas empresas necesitan disponer previo a la cosecha una estimación del volumen de su producción de granos. Suelen haber grandes diferencias entre el rendimiento estimado a campo y el finalmente logrado. El artículo analiza el modo en que algunas herramientas simples pueden ayudarnos a ajustar esas estimaciones y reducir el error en las mismas.



Ayudando a la estimación del rendimiento con imágenes satelitales

Por Ing. Agr. Rosario Ballvé e Ing. Agr. PhD Emilio Satorre



La estimación del rendimiento es un proceso que todas las empresas productivas ejecutan, tarde o temprano, previo a la cosecha. Las empresas agrícolas necesitan estimar el rendimiento de sus cultivos tanto para ajustar sus estrategias comerciales como para adecuar la logística de la producción, previendo condiciones de almacenamiento, movimiento y entrega de granos.

El proceso de estimación de rendimiento requiere de tiempo y esfuerzo, con lo cual en muchas oportunidades no se logran resultados satisfactorios al no disponer de esos recursos, ya que es necesario trabajo de campo, para la toma de datos, y de escritorio, para el correcto análisis de la información.

Muchos son los factores que introducen errores al estimar el rinde. Algunos de ellos fueron detallados en el Cultivar Decisiones número 61¹ y pueden resumirse como:

i) **Ambientales:** La heterogeneidad de ambientes dentro de un lote dificulta la estimación. Según el ambiente relevado y su participación en el total del área variará el error en la construcción del resultado.

ii) **Estadísticos:** Cuanto mayor sea la heterogeneidad del lote mayor es la necesidad de ajustar la cantidad y ubicación de los sitios de muestreo y el porcentaje del área que representan.

iii) **Procedimiento:** En general los métodos directos de estimación de rinde se basan en muestreo de número de granos por unidad de área, estimándose un peso según las condiciones del cultivo y campaña. El peso es una fuente de error importante y es un factor que no puede estimarse con exactitud mucho tiempo antes de la cosecha.

¿Es posible reducir de manera simple la influencia de estos factores en el error de estimación? Sí, es posible. La variabilidad originada en los puntos i y ii mencionados anteriormente puede reducirse mediante el uso de sensores remotos.

Las imágenes satelitales disponibles nos permiten conocer, entre otras cosas, el nivel de cobertura verde de los cultivos a través del índice de vegetación (NDVI). Con éste índice se puede estimar el nivel de cobertura verde que tenía un cultivo en alguna fecha o período determinado. En estados avanzados del cultivo, este indicador está parcialmente asociado a la biomasa del cultivo, que está estrechamente relacionada con el rendimiento alcanzable. Pero, al mismo tiempo, es un indicador de las diferencias que el ambiente determinó sobre esa producción de biomasa en el lote. Si un sector del lote se encontraba estresado, anegado o con mayor nivel de enfermedades, por ejemplo, tendrá un menor NDVI que otro sector del lote sin estrés.

El NDVI no es un indicador directo del nivel de rendimiento que se puede esperar en el cultivo. Pocos algoritmos para estimar el nivel de rinde a partir de una imagen han mostrado ser confiables. Sin embargo, la imagen sí puede dar una idea del estado en el que se encontraba el cultivo en el momento evaluado. Es una

¹ “Estimación del rendimiento de cultivos de Maíz y Soja previo a cosecha: oportunidades y limitaciones”

http://www.cultivaragro.com.ar/capacitacione/s/61_EstimacionRinde_1422981811.pdf



herramienta muy útil para comparar el cultivo dentro del mismo lote, con el mismo manejo, y ver las diferencias relativas en él (“sectores mejores” y “sectores peores”). Con las imágenes como herramienta, se puede **i)** delimitar zonas para dirigir los monitoreos a campo, **ii)** medir la superficie que abarca cada una de esas zonas y **iii)** ponderar los resultados de los monitoreos según la superficie que representan para generar observaciones o resultados realistas del lote. ¿Qué tan difícil es analizar imágenes? No lo es tanto. Como todo proceso informático actual, hace falta familiarizarse con un software, obtener una imagen y desarrollar un proceso.

Softwares:

El procesamiento de imágenes se realiza con programas especiales, desarrollados para dicho fin. Hay una amplia oferta de programas disponibles, algunos libres y otros pagos. En general se trabaja con varios de ellos según el proceso que se necesite realizar.

Tabla 1. Detalle de algunos softwares de procesamiento y visualización de imágenes satelitales

Software	Licencia	Link descarga
QGIS	Gratuito	http://www.qgis.org/es/site/
gvSIG	Gratuito	http://www.gvsig.com/es
SOPI	Gratuito	https://sopi.conae.gov.ar/
ArcGIS	Pago	http://www.esri.com/software/arcgis/explorer-desktop

Una variable importante a la hora de elegir con que programa trabajar, para usuarios principiantes, es la disponibilidad de foros de ayuda y tutoriales, ya que estos son de gran utilidad explicando detalladamente como realizar cada procedimiento.

Imágenes:

En la tabla 2 se resumen las principales características de algunas de las imágenes disponibles, que pueden ser útiles para el cálculo de

NDVI. También hay disponibles imágenes de NDVI ya calculado (MODIS), éstas tienen la desventaja de tener una resolución espacial menor. Cada valor (pixel) representa una superficie de 250 x 250 metros (6,25 ha), que en lotes medianos o chicos es una limitante. En lotes grandes (>100 ha) y, para iniciarse en éstas metodologías es una herramienta muy valiosa.

Tabla 2. Características de las algunas imágenes satelitales disponibles.

Satélite	Sensor	Resolución espacial (m)	Resolución temporal (días)	Acceso
Landsat 5, 7 y 8	TM/ETM+/OLI-TIRS	30x30	16	Gratuito
		http://earthexplorer.usgs.gov/		
SPOT (5-7)	HRVIR/HRG	20x20	26	Pago
		http://www.geo-airbusds.com/es/441-imagenes-por-satelite-spot		
TERRA/AQUA	MODIS	250 x 250	1	Gratuito
		http://modis.gsfc.nasa.gov/		
	MODIS (producto NDVI)	250 x 250	16	Gratuito
		http://daacmodis.ornl.gov/cgi-bin/MODIS/GLBVIZ_1_Glb/modis_subset_order_global_col5.pl		

Procesamiento:

Luego de calcular los NDVI en el lote, se pueden clasificar en categorías y graficar (Figura 1)

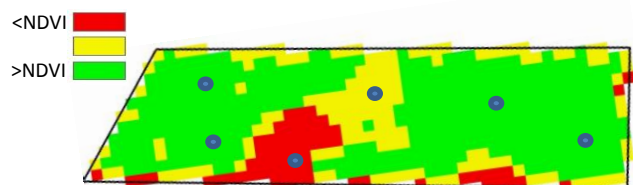


Figura 1. NDVI clasificado en tres categorías sobre un lote de trigo del norte de Buenos Aires, a partir de una imagen Landsat 8, de Octubre de 2015. En Agosto el área recibió lluvias cercanas a 300 mm. El efecto de esas lluvias por anegamiento severo alcanzó 11% del área y se identifica en rojo dentro del lote. Con muestreo sólo en las áreas verdes el rinde estimado fue de 4750 kg/ha, (17 % superior al rendimiento del lote). Considerando el área anegada en la estimación, el error sería sólo del 6%, 260 kg sobre el rendimiento medio real.



Si el lote tiene áreas definidas espacialmente de distintos niveles de NDVI podrán dirigirse los puntos de muestreo u observación a cada categoría (ver puntos en Figura 1). La cantidad de muestreos en cada sección puede definirse en relación al área que ocupa. Una vez obtenidos los rindes de cada sección se ponderan por la superficie de cada una para consolidar el rendimiento estimado del lote.

Con esta metodología suele reducirse el número de monitoreo efectivos, ya que si se desconoce la heterogeneidad del lote, se deberían realizar más muestreos para lograr la misma representatividad de datos o, aceptar un error de estimación mayor. Sin embargo, como el tiempo es escaso, el error frecuente es considerar al lote más homogéneo de lo que realmente es (se ignoran las diferencias ambientales por simplicidad). En estos casos, el muestreo dirigido a partir de imágenes podría llevar a aumentar el número de muestras respecto de la práctica usual, pero con reducciones significativas del error de estimación (Figura 2).

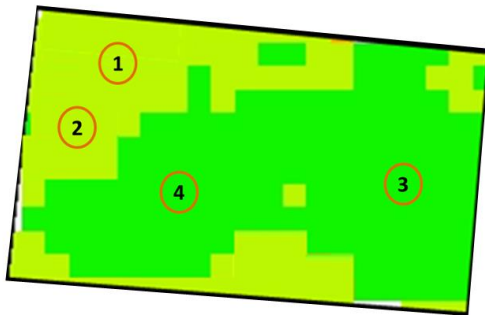


Figura 2. NDVI de un lote de maíz en el norte de Buenos Aires. Muestreando en dos sitios del lote (sitio 1 y 3), asumiendo que el lote es homogéneo, la estimación de rendimiento fue de 6760 kg/ha, 21% mayor al rinde real del lote. Luego se analizó la imagen de NDVI, se delimitaron dos ambientes, y se calculó la superficie de cada uno. Se realizaron dos sitios de muestreo en cada ambiente y se ponderó la estimación por el área representada. En este caso el error se redujo a 11% sobre el rinde real (6230 kg/ha).

Comentarios finales:

Hay métodos simples, rápidos y económicos para reconocer el efecto de distintos factores sobre la variabilidad de los lotes y su efecto sobre el rinde de los cultivos. Las imágenes satélites pueden ser aliadas valiosas en este objetivo. Las mismas son cada vez más accesibles y se pueden procesar de manera más rápida y de una manera muy económica.

Las estimaciones directas o indirectas del rendimiento de los cultivos siempre tendrán variabilidad y error. La cuestión es ¿cuánto error estoy dispuesto a aceptar en esas estimaciones? Ciertamente, ese valor de error tolerable puede ser distinto entre las diferentes empresas del sector y sus características físicas (superficie) o comerciales y operativas. En cualquier caso, las herramientas analizadas en este trabajo han mostrado que es posible aumentar la exigencia y, reducir significativamente el error de las estimaciones de rendimiento de los cultivos extensivos. 🌿



Sistema de Gestión Técnica SGT-Cultivar

SGT-Cultivar es un excelente aliado en la gestión técnica operativa de la empresa

- ✓ SGT Cultivar está apoyado en **normas y protocolos técnicos** que mejoran la eficiencia de procesos productivos y de la toma de decisiones.
- ✓ Facilita la **planificación y programación** de la campaña según protocolos por cultivos.
- ✓ Emite **órdenes de trabajo y calcula necesidad de insumos**.
- ✓ Registra información de cada etapa del cultivo con **alertas en tiempo real según umbrales** (ej. Implantación, enfermedades, plagas).
- ✓ Calcula **margen bruto y stock de insumos**.
- ✓ Genera **Tableros de Control** a nivel de empresa, zona, campo y lote de información técnica, administrativa y margen bruto.

Sítio	Equipos	% plantas	Equipos	Bolleros	Análisis y Traps
1	19,98	42,0%	0,20		2
2	16,20	26,0%	0		
3	24,00	50,0%	0,66		
4	13,50	0,0%	0,30		
5	2,00	100,0%	0,66		
Total	15,04	42,0%	0,57		2

Se implementa completo o en módulos individuales:

- Plan de siembra y nutrición
- Labores y stock de insumos
- Calidad de siembra e implantación
- Enfermedades
- Plagas
- Estimación de rinde
- Administración y Margen Bruto

www.cultivaragro.com.ar, rballve@cultivaragro.com.ar