

AGRICULTURA DE PRECISION EN INIA – URUGUAY

Alvaro Roel¹, Federico Molina¹, Hugo Firpo² y Jose Terra¹ (Aroel@inia.org.uy)¹Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuaria (INIA Treinta y Tres) –Uruguay; ²Consultor Privado

Que es la Agricultura de Precisión? El concepto tiene diferentes significados para diferentes personas. Algunos lo asocian con satélites, sensores y mapas; para otros es el futuro de la agricultura; los investigadores, lo visualizamos como una oportunidad.

Este futuro es concebido como la posibilidad de manejar cada insumo (semilla, fertilizante, riego, herbicidas, funguicida, etc) de una manera “sitio específica”, es decir, de acuerdo a las necesidades particulares de cada zona de la chacra o lote. Este manejo “sitio específico” de la agricultura permitiría incrementar los rendimientos, disminuir los costos y reducir el impacto ambiental. El objetivo de este trabajo es presentar un resumen de dos enfoques metodológicos basados en tecnologías asociadas con el concepto de la Agricultura de Precisión.

I. Caracterización de la Variabilidad Espacial

El proyecto tiene como objetivo general la cuantificación de la variabilidad espacial del rendimiento en chacras y la determinación de los factores que la afectan.

A modo de ejemplo de un esquema de trabajo a seguir se presentan los datos recabados en la zafra 2003-2004 en dos de las chacras estudiadas. En ambas chacras se midieron en cada uno de los puntos de muestreos que fueron georeferenciados con un GPS una serie de variables del suelo y cultivo:

-Previo a la siembra: Textura, niveles de N,P y K y pH, medidas de niveles de esclerocios de Sclerotium y Rhizoctonia en el suelo.

-A la emergencia: stand de plantas emergidas, control de capin luego de aplicado los herbicidas y a la cosecha, -Al primordio: niveles de N,P y K y Materia Seca, -A la cosecha: niveles de N,P K y Materia Seca, Índice de grado de severidad de ataque de Mancha agregada y Podredumbre del tallo y componentes de rendimiento y rendimiento.

A modo de ejemplo se presenta en el Cuadro 1 la información de algunas de las variables relevadas.

Cuadro 1: Chacra El Paso 144.

Variable	N	Media	Máximo	Mínimo	C.V.
pH 0-10 cm	36	5.27	5.81	5.10	2.63
pH 10-20 cm	36	5.60	6.34	5.05	4.55
C. Org (%) 0-10 cm	36	1.66	2.42	1.17	15.5
P Bray (ppm) 0-10 cm	36	4.67	8.98	1.85	32.7
P Cítrico (ppm) 0-10 cm	36	8.55	12.69	4.10	23.3
% Arena 0-10 cm	36	26.29	48.37	18.97	26.2
% Limo 0-10 cm	36	44.33	50.47	31.89	8.4
% Arcilla 0-10 cm	36	29.37	38.40	19.72	14.4
K (meq/100g) 0-10 cm	36	0.24	0.33	0.13	19.7
Rendimiento (Kg/Ha)	36	8660	11732	5869	15.3

La información que se presenta en este cuadro pretende ilustrar la dimensión de la variabilidad que puede existir dentro de un sistema de producción. Los datos presentados en este cuadro solo nos permiten tener conocimiento de la variabilidad espacial en forma poblacional de cada factor sin tener una idea de cómo esta estructurada esta variabilidad. El echo de haber recabado la posición dentro de la chacra en la que cada una de estas variables fueron medidas nos permite la construcción de los variogramas de cada uno de estos factores. Esto es de extrema importancia ya que nos permitiría poder estimar para cada uno de estos factores la

distancia y por ende el número de muestras que sería necesario extraer para representar con cierta certidumbre la variabilidad espacial dentro de esta chacra. Esto es uno de los aspectos claves y prioritarios a llevar a cabo en cualquier esquema de Agricultura de Presión que se pretenda en última instancia llegar a un manejo sitio específico del campo. A modo de ejemplo en la Figura 1 se presenta el variograma del contenido de Carbono Orgánico en esta chacra. Como se puede observar este factor presenta un comportamiento espacial bien estructurado lo que determinaría que en caso de necesitar caracterizar su variabilidad sería suficiente con extraer muestras separadas por una distancia aproximada a los 150 mt.

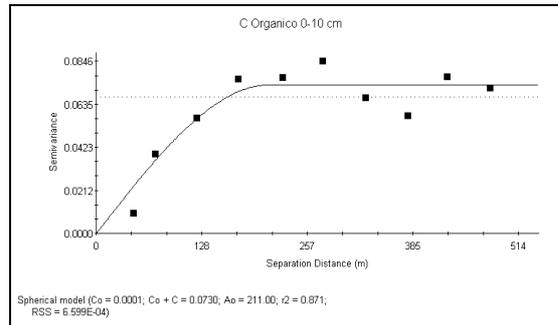


Figura 1. Variograma Carbono Orgánico.

Por ultimo en la Figura 2 se presenta un mapa de rendimiento generado por el uso de cosechadora equipada con un monitor de rendimiento, el cual permite observar la variabilidad espacial del rendimiento en una de las chacras. Como se puede apreciar existe una diferencia de rendimiento muy marcada entre diferentes zonas de la chacra, habiendo lugares con niveles productivos altos (11000 Kg Ha^{-1}) y otros con productividades muy menores (5000 Kg Ha^{-1}). El desafío de este proyecto está en poder entender las razones de esta variabilidad así como también proponer las medidas de manejo que permitan uniformizar el rendimiento de esta chacra. Con el transcurso del tiempo se podrá ir evaluando la estabilidad de estos patrones de rendimiento (variabilidad espacial) en el tiempo (variabilidad temporal) dentro de cada una de las chacras. Esto es uno de los pasos necesarios y prioritarios para realmente comprender si todas las zafras son afectadas por los mismos factores o si estos son múltiples y diferentes entre zafras.

II. Base de Datos

Se monitorearon aproximadamente 2000 hectáreas en 300 puntos de muestreos a lo largo de tres zafras diferentes. Este proyecto tiene como objetivo el mapeo, monitoreo con GPS de los factores asociados con la producción de manera de facilitar el proceso de toma de decisión del empresario arrocero. La información recabada fue analizada utilizando el procedimiento Cart (Classification and regression tree, Breiman et al 1984) seguido por Roel y Plant (2004) para detectar factores asociados a la variabilidad de rendimiento. La metodología Cart consiste en generar árboles de clasificación y regresión entre las variables asociadas con el rendimiento. Esta metodología permite agrupar de acuerdo a las variables estudiadas conjuntos de localidades dentro de la chacra que tengan diferencias importantes de rendimiento.

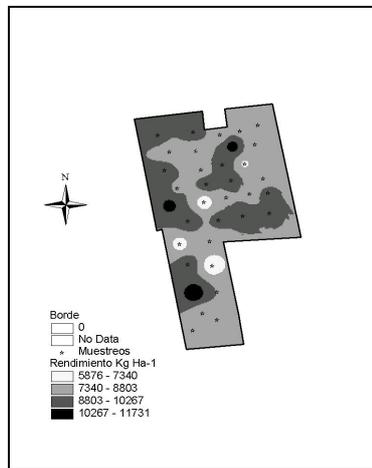


Figura 2 : Mapa de rendimiento. Variedad El Paso 144.

Cart genera un esquema en forma de árbol donde ordena los datos por los factores que influyeron en mayor medida en el logro de mayor rendimiento. Agrupa los puntos con peor resultado en base a un factor determinante, que para este ejemplo que estamos utilizando el primer grupo lo diferencia la "calidad del riego", donde separa los puntos en la chacra con riego con un coeficiente menor a 2.5 dentro. La variación de la variable calidad de riego oscila entre 1 (riego deficiente) y 5 (sin problemas de riego).

Por lo tanto esta metodología permite determinar la importancia de las diferentes variables de acuerdo al nivel de rendimiento establecido, lo cual es sumamente importante a la hora de definir una estrategia de manejo sitio específico. Por último es importante mencionar que el desafío para la investigación va estar en poder divisar métodos prácticos para usar estas tecnologías teniendo presentes los objetivos tradicionales de la agricultura como son la sustentabilidad económica y ambiental de los sistemas. Pero a su vez, comprendiendo que estas herramientas pueden cumplir un papel clave en el camino hacia una agricultura inteligente, capaz de poder acreditar la trazabilidad, seguridad e inocuidad de sus productos, así como también el impacto ambiental con que son generados. Estos elementos diferenciadores constituirán los pasos claves hacia la búsqueda del agregado de valor en la agricultura

Literatura Citada

Breiman, L., J.H. Friedman, R.A. Olshen, and C.J. Stone. 1984. Classification and regression trees. Chapman and Hall, New York..

Roel, A. y R.E. Plant. 2004. Factors Underlying Yield Variability in Two California Rice Fields. Agronomy Journal 96: 1481-1485