

## AGRICULTURA DE PRECISIÓN

### I. VARIABILIDAD ESPACIAL DEL RENDIMIENTO

Alvaro Roel<sup>1/</sup>

#### INTRODUCCIÓN

Este proyecto tiene como objetivo general la cuantificación de la variabilidad espacial del rendimiento en chacras y la determinación de los factores que la afectan. El proyecto en si cumple una serie de objetivos a diferentes niveles. En un primer nivel, el objetivo se basa en poder cuantificar la variabilidad espacial del rendimiento en las chacras de arroz de la Unidad de Producción Arroz Ganadería (UPAG, Oscar Bonilla, Enrique Deambrosi) y determinar los factores que la afectan en cada zafra en particular. En un segundo nivel, el objetivo se basa en poder cuantificar en forma espacial la evolución en el tiempo de las variables del suelo en las dos diferentes intensidades de uso del

suelo planteadas dentro de la UPAG. En un tercer nivel, el objetivo es la generación de la información necesaria con el fin de evaluar el posible manejo sitio-específico de las variables de producción dentro de las chacras. En esta zafra 2004-05 se trabajó en la evaluación de la variabilidad de rendimiento en cuatro diferentes chacras, dos de ellas correspondientes a los potreros 1 y 5 de la UPAG y las otras dos ubicadas en la localidad de Río Branco, pertenecientes a Casarone y Alfonso Porto.

#### MATERIALES Y MÉTODOS

En esta zafra en particular se trabajó en los potreros 1 y 5 de la UPAG. En los Cuadros 1 y 2 se presenta la información referente al manejo de estos dos potreros.

Cuadro 1. Manejo Chacra El Paso 144. Potrero 5 (adaptado de Serie Act. Difusión 411)

Potrero 5 - Variedad El Paso 144 . 15 ha		
25/09/04	Aplicación de herbicida	Rango: 4 l/ha + Hyspray 0.3 l/ha
11 y 20 /10/04	Siembra con cero laboreo y fertilización	Variedad El Paso 144: 180 kg/ha (15-30-15), 170 kg/ha
18 y 22/10/04	Aplicación de Herbicida	Rango 3 l/ha + Comand 1 l/ha + Hyspray 0.3 l/ha
22/11/04	Aplicación de Herbicida	Nomineee 0.1 l/ha + Facet 1.3 l/ha + Plurafac 0.5 l/ha
25/11/04	Riego	
20/12/04	Fertilización	Urea 35 kg/ha
18/01/05	Fertilización	Urea 50 Kg/ha
24/02/05	Fungicida	Alegro 1l/ha
4/4 al 22/4/05	Cosecha	

Cuadro 2. Manejo Chacra INIA Olimar. Potrero 1

Potrero 1 - Variedad INIA Olimar 16 ha		
21/10/04	Aplicación de herbicida	Rango: 4 l/ha + Hyspray 0.3 l/ha
19 /11/04	Siembra con cero laboreo y fertilización	Variedad INIA Olimar: 140 kg/ha (15-30-15), 200 kg/ha
8/12/04	Riego	
14/12/04	Aplicación de Herbicida	Facet 1.4 l/ha + Comand 0.9 l/ha + Plurafac 0.7 l/ha + Cyperex 0.25 kg/ha
5/01/05	Aplicación de Herbicida	Nomineee 0.09 l/ha + Plurafac 0.5 l/ha
7/01/05	Fertilización	Urea 60 kg/ha
28/01/05	Fertilización	Urea 50 Kg/ha
14/03/05	Fungicida	Amistar 0.65 l/ha + Nimbus 0.5 l/ha
28/4 al 3/5/05	Cosecha	

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

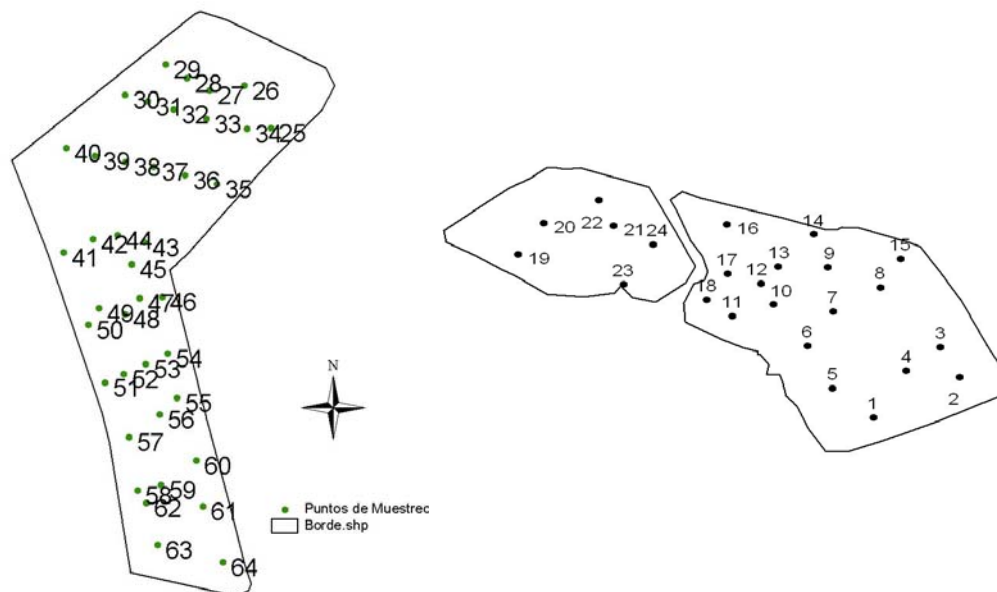


Figura 1. Puntos de Muestreos en ambas chacras.

En ambas chacras se midieron en cada uno de los puntos de muestreos una serie de variables del suelo y cultivo que se detallan en los Cuadros 3 y 4.

## RESULTADOS

### UPAG 1 y 5

En el Potrero 1 (16 ha) se decidió implementar un muestreo intenso de las diferentes variables medidas, se tomaron un total de 40 muestras/variables lo que determina una intensidad de muestreo de 2.5 puntos por hectárea.

En el Potrero 5 (15 ha) en cambio se trabajó con una intensidad de muestreo de 1.6 muestra por hectárea. La alta densidad de muestreo elegida en el Potrero 1 nos permitirá poder realizar estudios de cómo puede variar la representación de la variabilidad espacial según la intensidad del

muestro para cada una de las variables medidas.

En los Cuadros 3 y 4 se presentan los valores promedios, máximos, mínimos y el coeficiente de variación registrado para cada variable. Se registraron las siguientes variables en ambos potreros en cada punto de muestreo:

- Del suelo previo a la siembra: Textura, niveles de N,P y K y pH.
- A la emergencia: stand de plantas emergidas, control de capin luego de aplicado los herbicidas.
- Durante el desarrollo del cultivo se realizaron medidas del control de malezas, riego (altura de la lámina de agua) y fenología.
- A la cosecha: Se determinó el rendimiento mediante la cosecha de dos parcelas de 3.6 m<sup>2</sup> en cada punto de muestreo. A su vez se determinaron los componentes de rendimiento en cada localidad.

Cuadro 3. Potrero 1, Chacra INIA Olimar. (16 ha)

Variable	N	Media	Máximo	Mínimo	CV.
Ph	40	5.45	6.16	4.74	5.80
C. Orgánico (%)	40	1.19	2.13	0.79	19.46
Cítrico (ppm)	40	3.73	11.1	1.13	65.13
% Arena	40	36.41	53.18	29.54	15.10
% Limo	40	41.82	48.82	29.39	9.97
% Arcilla	40	21.76	27.37	17.42	9.93
K (meg/100gr)	40	0.13	0.24	0.08	26.05
Plantas/m <sup>2</sup> 27 Dic. 2004	40	224.5	280	155.55	13.88
Control malezas 12 Ene. 2005	40	3.22	4.5	1.5	21.05
Prom. Altura agua 17 Ene. 2005 <sup>1</sup>	40	2.58	16	0	146.64
Uniformidad cultivo 17 Ene. 2005 <sup>2</sup>	40	3.43	5	2	24.17
Control Malezas 17 Ene. 2005 <sup>3</sup>	40	3.22	5	1.5	26.72
Prom. Altura agua 28 Ene. 2005 <sup>1</sup>	40	5.05	13	0.1	60.72
Control Malezas 28 Ene. 2005	40	3.55	5	1.5	29.02
Control Malezas 04 Feb. 2005	40	3.16	4.5	0.1	42.96
Días desde 01 Ene. a 50% Flor	40	67.75	71	64	3.83
Control Malezas (cosecha)	40	3.65	4.5	2	14.30
Materia Seca (cosecha)	40	16786	2520	1093	21.70
Humedad (cosecha)	40	23.99	27.7	20.8	7.58
% verde 11 May. 2005	40	9.81	19.8	4	37.86
% Blanco total	40	67.08	69.8	60.8	2.28
% Entero	40	53.23	59.8	42.7	8.17
% Quebrado	40	13.85	26	5.6	32.21
% Yesado	40	1.68	3.1	0.5	40.88
% Manchado	40	1.40	4.8	0.3	52.87
Panojas/m <sup>2</sup>	40	594.6	853.3	413.3	19.49
% esterilidad	40	27.39	40.30	6.18	23.91
Peso mil granos	40	27.1	30.1	20.4	7.16
Granos tot/panojas	40	111.9	145.2	83.8	12.97
Granos llenos/panojas	40	80.97	106.5	58.35	13.54
Índice cosecha	40	0.40	0.62	0.22	21.38
Rendimiento (kg/ha)	40	7658.4	9699.4	4426.5	14.64

<sup>1</sup> Promedio de la Altura de la lámina de riego en 10 mediciones por punto de muestreo.

<sup>2</sup> Escala 1-5: 5 excelente, 3 desperejo, 1 sin plantas.

<sup>3</sup> Escala 1-5: 5 Sin presencia de Malezas, <3.5 presencia de malezas con posible pérdida de rendimiento

Cuadro 4. Potrero 5, Chacra El Paso 144. (15 ha)

Variable	N	Media	Máximo	Mínimo	CV.
Ph	24	5.52	7.6	5.09	10.80
C. Orgánico (%)	24	1.71	3.06	0.99	23.85
P Cítrico (ppm)	24	5.15	10.2	1.3	47.82
% Arena	24	34.19	46.28	24.66	12.11
% Limo	24	42.32	52.79	31.20	9.81
% Arcilla	24	23.47	27.60	13.19	13.91
K (meg/100gr)	24	0.15	0.24	0.12	15.60
Plantas/m <sup>2</sup> 11 Nov. 2004	24	203.1	271.1	102.22	23.90
Uniformidad cultivo 09 Dic. 2004 <sup>2</sup>	24	2.5	4	1	39.12
Baño 09 Dic. 2004	24	1.75	3	1	48.39
Prom. Altura agua 27 Dic. 2004 <sup>1</sup>	24	3.16	8.66	0	71.64
Control Malezas 07 Ene. 2005 <sup>3</sup>	24	3.66	5	2	27.76
% Floración 16 Feb. 2005	24	0.09	0.6	0	174.51
% Floración 24 Feb. 2005	24	40.3	90	1	78.93
% Floración 28 Feb. 2005	24	73.1	100	7	49.02
Días desde 01 Ene. a 50% Flor	24	55.3	62	47	8.96
Control Malezas (cosecha)	24	3.89	5	1	34.05
Humedad (cosecha)	24	23.0	24.7	21.9	3.36
Materia Seca (cosecha)	24	17468	25666	13093	17.87
% verde 02 May. 2005	24	14.5	29.4	6.6	37.35
% Blanco total	24	67.2	70.4	64.2	2.19
% Entero	24	58.3	64.1	50.8	6.33
% Quebrado	24	8.84	16.1	3.6	33.40
% Yesado	24	3.05	5.2	1.7	28.61
% Manchado	24	1.3	4	0.1	86.01
Panojas/m <sup>2</sup>	24	531.11	686.66	420.00	13.07
% esterilidad	24	16.42	25.57	10.36	26.44
Peso mil granos	24	26.64	29.28	22.87	6.23
Granos tot./panojas	24	130.00	155.35	106.65	10.04
Granos llenos/panojas	24	108.56	139.25	89.2	10.85
Índice cosecha	24	0.51	0.70	0.32	19.20
Rendimiento (kg/ha)	24	8842.5	10398.5	5768.3	15.53

<sup>1/</sup> Promedio de la Altura de la lámina de riego en 10 mediciones por punto de muestreo.

<sup>2/</sup> Escala 1-5: 5 excelente, 3 desparejo, 1 sin plantas.

<sup>3/</sup> Escala 1-5: 5 Sin presencia de Malezas, <3.5 presencia de malezas con posible pérdida de rendimiento

Los datos de rendimientos presentados en los cuadros corresponden a los cosechados en las parcelas descritas en cada punto de monitoreo. En esta zafra se instaló un monitor de rendimiento en la cosechadora

lo cual permite generar un mapa de rendimiento de muy alta resolución espacial. En la Figura 2 se presentan los mapas de rendimiento generados por el monitor de rendimiento.

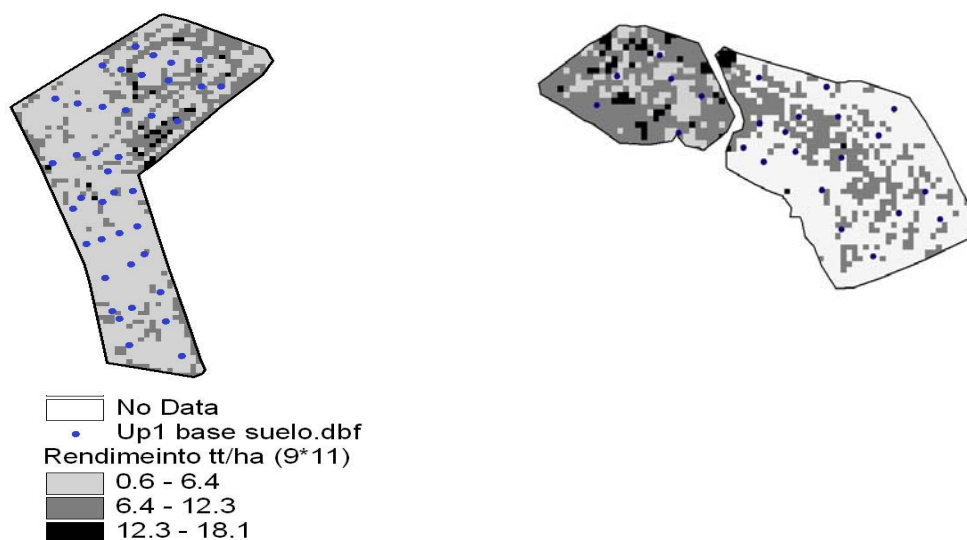


Figura 2. Mapa de rendimiento generado por monitor de rendimiento Ag-Leader.

Cuadro 5. Correlación con rendimiento ( r ) y nivel de significación ( p ). Potrero 1. INIA Olimar.

Variable	N	r	P
Ph	40	-0.24	ns
C. Orgánico (%)	40	-0.12	ns
P Cítrico (ppm)	40	-0.21	ns
% Arena	40	0.21	ns
% Limo	40	0.22	ns
% Arcilla	40	0.12	ns
K (meg/100gr)	40	0.12	ns
Plantas/m2 27 Dic. 2004	40	-0.04	ns
Control malezas 12 Ene. 2005	40	0.41	0.003
Prom. Altura agua 17 Ene. 2005 <sup>1</sup>	40	0.13	ns
Uniformidad cultivo 17 Ene. 2005	40	0.53	0.001
Control Malezas 17 Ene. 2005	40	0.52	0.001
Prom. Altura agua 28 Ene. 2005 <sup>1</sup>	40	0.33	0.03
Control Malezas 28 Ene. 2005	40	0.53	0.001
Días desde 01 Ene. a 50% Flor	40	-0.44	0.001
Control Malezas (cosecha)	40	0.40	0.01

ns= no significativo

Cuadro 6. Correlación con rendimiento ( r ) y nivel de significación ( p). Potrero 5. El Paso 144.

Variable	N	r	p
Ph	24	-0.6	0.001
C. Orgánico (%)	24	0.3	ns
P Cítrico (ppm)	24	0.14	ns
% Arena	24	-0.3	ns
% Limo	24	-0.08	ns
% Arcilla	24	-0.03	ns
K (meg/100gr)	24	0.14	ns
Plantas/m2 11 Nov. 2004	24	0.56	0.004
Uniformidad cultivo 09 Dic. 2004	24	0.46	0.02
Baño 09 Dic. 2004	24	0.53	0.007
Prom. Altura agua 27 Dic. 2004 <sup>1</sup>	24	-0.10	ns
Control Malezas 07 Ene. 2005	24	0.68	0.001
Días desde 01 Ene. a 50% Flor	24	-0.56	0.004
Control Malezas (cosecha)	24	0.78	0.001

ns= no significativo

En los Cuadros 5 y 6 se presenta la correlación encontrada entre las observaciones tomadas en cada punto de monitoreo con el rendimiento final alcanzado. Es de destacar que para ambas chacras las variables que mostraron estar más relacionadas con el rendimiento fueron en todos los casos variables de manejo, como son el control de malezas y el baño.

#### Casarone Río Branco

En caso de la chacra de Casarone se trabajó en un área de aproximadamente 50

hectáreas de El Paso 144. Esta chacra estaba dividida al medio por un camino interno formando dos módulos de 25 ha cada uno (Figura 3). En el caso de esta chacra se realizaron 50 puntos de monitoreo (1/ha) donde se registraron los valores de las variables que se presentan en el Cuadro 7. Esta chacra también fue cosechada con monitor de rendimiento propiedad de la firma. Para esta chacra los valores de rendimiento que se presentan en este cuadro corresponden a los valores extraídos del monitor de rendimiento.

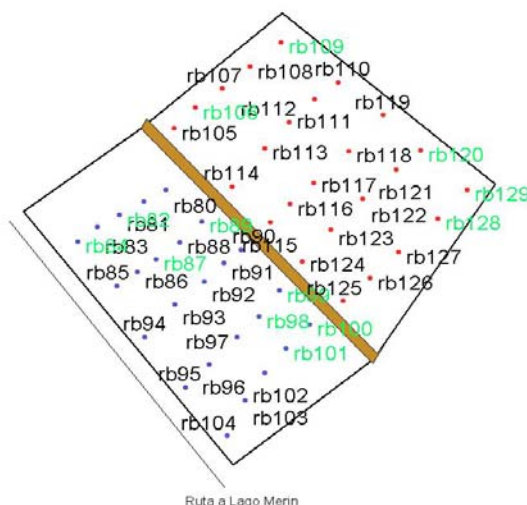


Figura 3. Puntos de muestreo Casarone Río Branco. El Paso 144. 50 ha

Variable	N	Media	Máximo	Mínimo	CV
Ph.	50	5.18	6.02	4.69	4.00
C. Orgánico (%)	50	0.98	1.43	0.54	21.94
P Cítrico (ppm)	50	3.73	9.1	0.6	62.45
% Arena	50	43.35	76	35	21.73
% Limo	50	36.17	48	6	13.40
% Arcilla	50	20.35	27	14	14.77
K (meg/100gr)	50	0.13	0.19	0.17	21.73
Plantas/m <sup>2</sup> 17 Nov. 2004	50	319.5	493.3	115.6	22.83
Uniformidad cultivo 17 Nov. 2004 <sup>2</sup>	50	3.61	5	1	31.32
Prom. Altura Agua 04 01 2005 <sup>1</sup>	50	12.57	16.66	8.33	16.29
Prom. Altura plantas 04 01 05	50	48.51	58.33	41.66	7.61
Control Malezas 01 Feb. 2005 <sup>3</sup>	50	4.83	5	4	6.13
Presencia pozos	50	0.1	1	0	303.04
% Floración 10 Feb. 2005	50	10.38	50	0	103.31
% Floración 15 Feb. 2005	50	77.6	100	15	27.12
Días desde 01 Ene. a 50% Flor	50	43.62	48	41	2.73
Materia seca (cosecha)	50	23134	35266	16713	18.57
Panojas/m <sup>2</sup>	50	676.4	933.33	466.66	13.60
% esterilidad	50	13.88	22.10	9.22	20.59
Peso mil granos	50	27.85	33.49	26.59	3.87
Granos tot./panojas	50	114.23	144.05	85.2	12.96
Granos llenos/panojas	50	98.34	120.7	71.5	13.04
Rendimiento monitor (Kg/ha)	50	7312.2	11416	5657	21.47

Cuadro 7. Casarone RB Chacra El Paso 144 (50 ha).

<sup>1/</sup> Promedio de la Altura de la lámina de riego en 10 mediciones por punto de muestreo.

<sup>2/</sup> Escala 1-5: 5 excelente, 3 despasejo, 1 sin plantas.

<sup>3/</sup> Escala 1-5: 5 Sin presencia de Malezas, <3.5 presencia de malezas con posible pérdida de rendimiento

### Alfonso Porto - Rio Branco

En caso de la chacra de Alfonso Porto se trabajó en un área de aproximadamente 25 hectáreas. Esta chacra fue sembrada con INIA Tacuarí (Figura 4) y se realizaron 30

puntos de monitoreo (1/ha) donde se registraron los valores de las variables que se presentan en el Cuadro 8. Esta chacra sufrió daño de granizo por lo que no se presentan los valores de rendimiento.

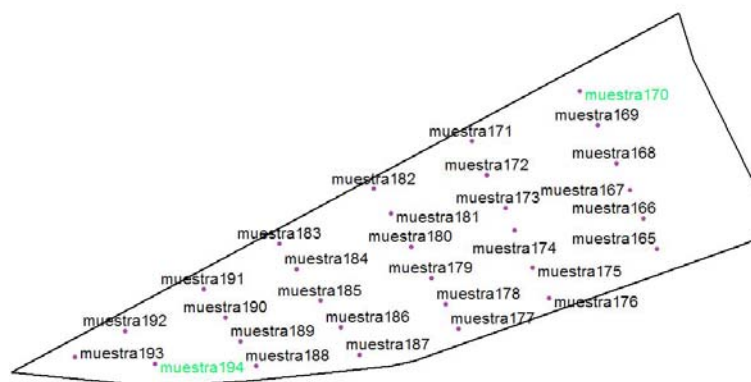


Figura 4. Puntos de Monitoreo. Alfonso Porto Rio Branco. INIA Tacuarí. 25 ha.



Cuadro 8. Alfonso Porto, Río Branco – INIA Tacuarí. 25 ha

Variables	Nº	Media	Máximo	Mínimo	CV
Ph.	30	4.82	5.12	4.53	2.94
C. Orgánico (%)	30	0.87	1.13	0.61	14.40
Cítrico (ppm)	30	1.20	3.93	0.33	76.36
% Arena	30	40.9	49	35	9.55
% Limo	30	40.66	46	36	6.40
% Arcilla	30	18.23	24	13	14.23
K (meg/100gr)	30	0.11	0.24	0.01	32.12
Plantas/m <sup>2</sup> 14 Dic. 2004	30	319	511	102	35.26
Uniformidad cultivo 14 Dic. 2004	30	4	5	2	26.26
Baño 14 Dic. 2004	30	2.43	3	1	29.91
Prom. Altura agua 04 Ene. 2005 <sup>1</sup>	30	7.2	13.66	1.66	45.12
Prom. Altura plantas 04 Ene. 2005	30	43.8	49.33	37.66	7.18
Control Malezas 02 Feb. 2005	30	4.93	5	4	7.18
% Floración 09 Feb. 2005	30	6	60	0	206.27
% Floración 15 Feb. 2005	30	56.93	100	0	62.17
Días desde 01 Ene. a 50% Flor	30	45.33	50	39	6.24
Materia seca (cosecha)	30	17284	21193	11900	11.63
Panojas/m <sup>2</sup>	30	596.88	773.33	446.66	12.37

<sup>1/</sup> Promedio de la Altura de la lámina de riego en 10 mediciones por punto de muestreo.

<sup>2/</sup> Escala 1-5: 5 excelente, 3 desperejo, 1 sin plantas.

<sup>3/</sup> Escala 1-5: 5 Sin presencia de Malezas, <3.5 presencia de malezas con posible pérdida de rendimiento