

Caracterización de la Variabilidad de Rendimientos de Cultivos Agrícolas Extensivos en Uruguay

Walter E. Baethgen y Miguel Carriquiry
International Research Institute for Climate and Society
The Earth Institute at Columbia University

La actividad agropecuaria en general, y la producción de cultivos anuales en particular, están sujetas a diversos tipos de riesgos. A grandes rasgos (y de manera relativamente arbitraria) los riesgos relevantes para el productor agropecuario pueden ser clasificados como de producción, de precios, tecnológicos, y de políticas (Moschini y Hennessy, 2002). Probablemente los riesgos derivados de la variabilidad de precios, y los riesgos de producción (que incluyen los relacionados con plagas, enfermedades, y con las variables climáticas) han sido más ampliamente estudiados.



Los mercados de futuros y opciones han surgido como medios efectivos para manejar los riesgos relacionados a los precios en diversos países. En cambio, el desarrollo y la implementación de instrumentos de mercado para manejar riesgos de producción, como por ejemplo los seguros agrícolas, ha presentado mayores dificultades. Uno de los elementos claves para el manejo de riesgos productivos es la cuantificación de los mismos. En particular, es necesario tener información precisa sobre la variabilidad de los rendimientos de los cultivos agrícolas, tanto dentro de un mismo año como entre años. La variabilidad dentro de un mismo año se debe al uso de distintas prácticas de producción por parte de los agricultores y a diferencias espaciales en lo que refiere a suelos y condiciones climáticas.

El objetivo principal del presente trabajo fue caracterizar preliminarmente los riesgos de producción para los principales cultivos extensivos en el Uruguay, con énfasis en la variabilidad entre productores dentro de un mismo año así como y entre diferentes zafras. Una de las características importantes de este tipo de información es que constituye un elemento fundamental para el desarrollo y establecimiento de sistemas de seguros agrícolas.

Plata (2003) presenta una descripción de cada uno de estos riesgos, y una clasificación mas detallada. Ambas clasificaciones son arbitrarias, y cierta superposición entre clases de riesgos es inevitable.

En la agricultura, problemas de información asimétrica (riesgo moral y anti-selección), y riesgos covariados han atentado contra el desarrollo de sistemas de seguros multi-riesgo comercialmente viables (Knight y Coble, 1997; Miranda y Glauber, 1997).

1.1 Materiales y Métodos

1.1.1 Fuentes de Información

En Uruguay, la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MGAP), realiza anualmente encuestas agrícolas con el fin de estimar áreas sembradas y cosechadas, rendimientos y producción total a nivel Nacional de los principales cultivos anuales. Para el presente trabajo se contó con la información recabada en dichas encuestas para el período 1992/93 – 2004/05, que surgen de una muestra de 500 a 800 productores por año. Estas muestras permiten caracterizar (al menos parcialmente) la variabilidad observada en los rendimientos de los cultivos dentro de un mismo año, así como la variabilidad entre zafras.

Utilizando esta fuente de información se realizaron diferentes análisis que se detallan a continuación.

1.1.2 Cálculo de “Rendimiento Esperado” para cada zafra

La variabilidad observada en los rendimientos de cultivos a través del tiempo en una región dada, está determinada fundamentalmente por dos componentes: variación en las condiciones climáticas y cambios en el nivel tecnológico de producción. Dado que para el área de seguros agropecuarios la fuente de variabilidad de mayor interés es la relacionada con las condiciones climáticas, es necesario eliminar las tendencias existentes en los rendimientos debido a cambios en la tecnología de producción. Con este objetivo, se probaron modelos estadísticos (regresión lineal y no lineal con y sin puntos de corte (piecewise linear splines), suavizadores polinomiales, medias móviles, y regresiones por ajuste local (LOESS) con los rendimientos promedio de los principales cultivos anuales obtenidos de la base de datos de DIEA. Para este análisis no se consideraron los rendimientos de chacras muestreadas con superficies menores a 20 ha porque se supone que el destino del producto de dichas chacras no es grano para comercialización.

Dado que el período estudiado en este trabajo es relativamente corto, el modelo más aceptable para la eliminación de la tendencia debida a tecnología fue el de regresión lineal simple. La decisión tuvo en cuenta el ajuste y la simplicidad del modelo. Modelos con mas parámetros pueden por supuesto lograr un mejor ajuste a los datos de la muestra, pero no son necesariamente mejores a la hora de predecir futuros rendimientos. Una vez establecida la tendencia para cada cultivo se procedió a estimar desvíos relativos de cada año en el período de estudio (1992-2005) mediante la siguiente fórmula:

$$dyit = (yit - \hat{y}t) * 100 / \hat{y}t \quad [1]$$

donde,

$dyit$, es el desvío porcentual del rendimiento observado para el productor i en el año t ,

yit , es el rendimiento observado (kg/ha) para el productor i en el año t ,

$\hat{y}t$, es el rendimiento esperado (kg/ha) para el año t según el modelo de regresión.

1.1.3 Cálculo de rendimientos de indiferencia o equilibrio

Se recabó información sobre los precios de los cultivos (fuente OPYPA, Oficina de Políticas y Planeamiento Agropecuario del MGAP) y costos directos de producción (fuente: Banco de la República Oriental del Uruguay) que fueron expresados en dólares americanos corrientes, utilizando los siguientes meses para la tasa de cambio (obtenida del Banco Central):

- Precios de cultivos de Invierno: promedio de diciembre y enero.
- Precios de cultivos de Verano: promedio de marzo a mayo
- Costos de cultivos de invierno: febrero.
- Costos de cultivos de Verano: julio.

Con esta información se estimó para cada cultivo el nivel de rendimiento que hubiera sido necesario obtener para cubrir los costos de instalación en cada año, según la fórmula:

$$Rlct = Cct / Pct \quad [2]$$

donde,

$Rlct$ es el rendimiento de indiferencia (en kg/ha) para el cultivo c en el año t

Cct es el costo de producción (en US\$/ha) para el cultivo c en el año t

Pct es el precio recibido (en US\$/kg de producto) para el cultivo c en el año t

1.1.4 Rendimientos de “Catástrofes” o “Emergencias”

Uno de los objetivos del presente análisis fue la estimación de recursos monetarios que serían necesarios en cada año y para cada cultivo, para cubrir las pérdidas en situaciones extremas o de catástrofes climáticas, que en este artículo se denominarán como “rendimientos de emergencia”.

Para el cálculo del nivel de rendimientos de emergencia, en primer lugar se calculó el desvío estándar de la muestra de cada cultivo en cada año ($dsct$) y se estimó a continuación la diferencia entre el rendimiento esperado ($\hat{y}t$ en la fórmula [1]) y el doble del desvío estándar, es decir:

$$REct = \hat{y}ct - 2dsct \text{ [3]}$$

donde,

$REct$ es el desvío del rendimiento esperado para el cultivo c en el año t ,
 $\hat{y}ct$ es el rendimiento esperado para el cultivo c en el año t
 $2dsct$ es el doble del desvío estándar para la muestra del cultivo c en el año t

El desvío del rendimiento esperado, se expresó como porcentaje de dicho rendimiento ($REPct$) según la fórmula:

$$REPct = REct * 100 / \hat{y}ct.$$

A continuación se calculó el promedio de estos rendimientos porcentuales para cada cultivo en todos los años considerados ($REPC$). El rendimiento de emergencia para cada cultivo y en cada año se obtuvo entonces multiplicando el rendimiento esperado por el valor de $REPC$. Por ejemplo para el cultivo de trigo el rendimiento de emergencia promedio de 1992-2005, correspondió a un 34.0% del rendimiento esperado, y para el año 2005 el valor de rendimiento esperado fue 2910 kg/ha. Por lo tanto el valor correspondiente al rendimiento de emergencia para trigo en 2005 es de: $2910 * 34.0\% = 981$ kg/ha. Los mismos resultados se obtienen definiendo el rendimiento de emergencia como un desvío del 66.0% ($100\% - 34.0\%$) del rendimiento esperado: $2910 \text{ kg/ha} - 66.0\% = 981$ kg/ha

Una vez establecido el rendimiento de emergencia para cada año, se estimó la cantidad de producto (toneladas de grano) y el nivel de recursos monetarios (US\$) que se hubiera necesitado en cada año para cubrir las pérdidas por debajo de los rendimientos definidos como de emergencia. Para cada año y cultivo se calculó el total del área con rendimientos inferiores al de emergencia y la producción originada. Multiplicando esa producción por el precio recibido por el productor en el año correspondiente se obtiene el nivel de recursos monetarios que hubiera sido necesario para cubrir el total de la producción por debajo del nivel de rendimiento de emergencia. La cantidad de toneladas y el nivel de recursos se dividieron entre el área total sembrada en el año correspondiente y el cociente obtenido corresponde a la cantidad total de producto (ton grano/ha) y de fondos (US\$/ha) que hubieran sido necesarios por hectárea sembrada para cubrir los casos de emergencias. De esta manera, este método está orientado a cubrir la diferencia entre el rendimiento obtenido por los productores por debajo del nivel de emergencia y el propio resultado de emergencia.

La sensibilidad de las erogaciones esperables a la definición del rendimiento de emergencia fue también analizada. Para ese fin, el ejercicio anterior fue repetido variando la definición del rendimiento a cubrir. El parámetro variado en el análisis de sensibilidad fue el número de desvíos estándar a sustraer del rendimiento esperado. Específicamente, los resultados anteriores fueron comparados a los obtenidos cuando 1, y 1.64 desvíos estándar sustraídos del valor esperado de rendimiento.

1.1.5 Desvíos de rendimientos en relación a diferentes porcentajes del rendimiento esperado

Para este análisis se estimó el nivel de fondos que hubiera sido necesario en total y por unidad de área sembrada, para cubrir las diferencias entre el nivel de rendimiento obtenido por los productores y el rendimiento esperado en cada año según nivel tecnológico, así como para cubrir el 90%, 80%, 70%, 60% y 50% de dicho rendimiento esperado. Este último tipo de análisis es el más útil para el diseño de un sistema de seguros de rendimientos, en el que justamente se intenta cubrir un cierto nivel de desvío en relación a un rendimiento normal o esperado.

Para el cálculo de estos desvíos, en cada año se estimó el rendimiento correspondiente al esperado

según nivel tecnológico (\bar{y}_{ct}), así como los rendimientos correspondientes al 90%, 80%, 70%, 60% y 50% de dicho rendimiento esperado. De forma similar al cálculo de rendimientos de emergencia, se estimó el total de toneladas de cada cultivo y en cada año producido por debajo de cada uno de estos niveles de rendimientos (90%, 80%, 70%, 60% y 50% del esperado). Esa cantidad se dividió entre el total de área sembrada y el cociente obtenido corresponde a la cantidad de grano por hectárea sembrada que hubiera sido necesaria para cubrir los desvíos de los diferentes niveles. Para valorar esa cantidad se multiplicó por el precio del grano correspondiente a cada año, obteniéndose el monto (US\$) por hectárea sembrada que se hubiera necesitado para cubrir los desvíos de los diferentes niveles (90%, 80%, 70%, 60% y 50% del esperado). Finalmente a esa cifra se le restó el nivel (total y por hectárea) que se había calculado para cubrir las situaciones de emergencia. Esto último es consistente con los enfoques modernos de manejos de riesgos agropecuarios en países en desarrollo (Banco Mundial), donde la estratificación y asignación de riesgos a distintos actores es clave para la viabilidad de seguros de rendimiento.

En el presente trabajo no son considerados los costos asociados a la administración del sistema, y a verificación y ajuste de pérdidas. Los mismos, así como reservas para pérdidas catastróficas deberían ser adicionados al costo por hectárea del seguro.

La razón de elegir este valor radica en que, suponiendo que la distribución de la muestra es normal, la probabilidad de obtener un rendimiento igual o menor a $\bar{y}_t - 2ds_{ct}$ es aproximadamente 2.5%.

Bajo el supuesto de una distribución normal de la muestra, la probabilidad de obtener un rendimiento menor o iguales a 1.64 desvíos estándar de la media es 5% (ver nota de pie 1)

1.2 Resultados y Discusión

1.2.1 Rendimientos Esperados para cada zafra

Utilizando modelos de regresión lineal simple se estimaron los rendimientos esperados para cada cultivo y en cada zafra (ver [Tabla 1](#)). La pendiente del modelo de regresión de rendimientos medios por años, puede ser interpretado como una medida del incremento de dichos rendimientos debido a cambios tecnológicos. Los valores de estas pendientes para los distintos cultivos fueron (kg/ha año): cebada 68.4, trigo 71.0, maíz 199.8, sorgo 120.8, girasol de primera 35.0 y girasol de segunda 43.4.

Es interesante observar que en la última década todos los cultivos estudiados presentaron incrementos en su productividad debido a cambios en la tecnología empleada. Sin embargo lo más llamativo es sin dudas el importante incremento que ha evidenciado el rendimiento de maíz. Una de las causas más probables de dicho cambio radica en la especialización de los productores de maíz en los últimos años (menos y mejores productores) hecho que ha permitido que los rendimientos a nivel nacional se hayan más que duplicado en los últimos 10 años (de aproximadamente 2500 kg/ha a principio de la década de 1990 a más de 5000 kg/ha en el 2005).

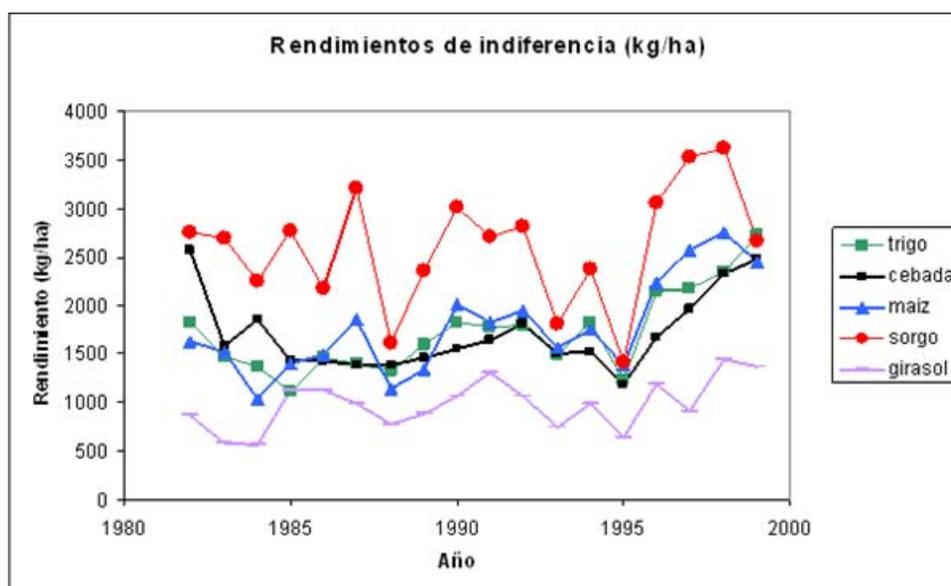
1.2.2 Rendimientos de indiferencia o equilibrio

Los rendimientos de indiferencia calculados en cada año para los cultivos estudiados se presentan en la [Figura 1](#). Dicha figura demuestra el aumento en los rendimientos que los productores de algunos cultivos han debido obtener para cubrir los costos de producción de los cultivos (especialmente a partir del año 1995), aumento que ha sido causado por la conocida caída que han presentado los precios de las “commodities”. Asimismo, la figura refleja la variabilidad entre años de los rendimientos de indiferencia, característica que dificulta la gestión de la actividad y las decisiones en cuanto a la selección de actividades. Es así que rendimientos que permiten obtener márgenes positivos en un año pueden inducir pérdidas en otros años.

Comparando los rendimientos de indiferencia con los esperados en cada año según nivel tecnológico (sección anterior), puede verificarse que en general los valores fueron muy parecidos, lo que estaría indicando una expectativa de rentabilidad baja. Esto a su vez enfatiza aún más la necesidad de establecer sistemas de seguros para la producción de estos cultivos. Más aún, en

algunos años los rendimientos de indiferencia fueron superiores a los rendimientos esperados, es decir que el rendimiento promedio esperado a nivel nacional no habría sido suficiente para cubrir los costos de instalación de los cultivos. Esta situación parece especialmente frecuente en el caso de los cultivos de sorgo, trigo y cebada en los últimos años de la década del 1990.

Figura 1: Evolución de los rendimientos de indiferencia (rendimientos necesarios para cubrir los costos de producción) para los cultivos estudiados.



1.2.3 Rendimientos de “Catástrofes” o “Emergencias”

En la Tabla 1 se presentan los valores obtenidos para los rendimientos de emergencia para los cultivos considerados. Los valores promedio de dichos rendimientos expresados como porcentaje del rendimiento esperado para trigo, cebada, maíz, girasol de primera, girasol de segunda y sorgo fueron 33.7%, 41.1%, 14.8%, 25.9%, 11.3%, y 18.7%, respectivamente. Es decir que los rendimientos del nivel de emergencias fueron 59% a 89% más bajos que los rendimientos esperados.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos por zafra y en promedio de todas las zafras para la cantidad de producto (Ton/ha de grano) y de fondos (US\$/ha) que hubiera sido necesaria para cubrir las diferencias entre la producción por debajo del nivel de emergencia y dicho rendimiento de nivel de emergencia.

La Tabla 3 muestra los resultados del análisis de sensibilidad a la definición de rendimiento de emergencia. Es claro que aumentos en el rendimiento de emergencia resultante de cubrir proporciones mayores del rendimiento esperado, lleva a aumentos en el costo promedio. La Tabla muestra claramente que el aumento en costos esperados es más que proporcional al aumento en el rendimiento cubierto. Por ejemplo para el cultivo de trigo, definiendo el rendimiento de emergencia a través de un desvío estándar lleva casi a duplicar el los niveles cubiertos, mientras que el costo en dólares por hectárea se multiplicaría por un factor de (aproximadamente) cuatro (de 6.42 a 23.77 US\$/ha).

Esto se explica por propiedades de la función de distribución de rendimientos.

Tabla 1: Rendimientos medios observados, rendimientos esperados según nivel tecnológico y rendimientos de emergencia para los cultivos considerados (kg/ha).

(a) Cultivos de Verano								
MAIZ	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00
Rend Promedio Observado	2760	2356	3174	2613	3256	4536	5307	1884
Rend Esperado	2759	2959	3159	3358	3558	3758	3958	4157
Rend de Emergencia	409	439	469	498	528	558	587	617
SORGO								
Rend Promedio Observado	3204	2601	3072	2808	3282	3086	3764	1694
Rend Esperado	2763	2884	3004	3125	3246	3367	3487	3608
Rend de Emergencia	516	539	562	584	607	629	652	674
GIRASOL de PRIMERA								
Rend Promedio Observado	1121	1190	1367	1450	1481	1255	1275	925
Rend Esperado	1220	1255	1290	1325	1360	1395	1430	1465
Rend de Emergencia	316	325	334	343	353	362	371	380
GIRASOL de SEGUNDA								
Rend Promedio Observado	658	757	937	992	618	715	858	287
Rend Esperado	684	727	771	814	857	901	944	988
Rend de Emergencia	78	83	87	92	97	102	107	112
(b) Cultivos de Invierno								
TRIGO	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Rend Promedio Observado	1611	2568	2342	2604	2018	2695	1961	2541
Rend Esperado	2058	2129	2200	2271	2342	2413	2484	2555
Rend de Emergencia	694	718	742	766	790	814	838	862
CEBADA								
Rend Promedio Observado	1465	2440	2511	2358	1701	2489	2025	2398
Rend Esperado	2056	2125	2193	2261	2330	2398	2467	2535
Rend de Emergencia	844	872	900	929	957	985	1013	1041

Tabla 1 (cont.): Rendimientos medios observados, rendimientos esperados según nivel tecnológico y rendimientos de emergencia para los cultivos considerados (kg/ha).

(a) Cultivos de Verano					
MAIZ	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05
Rend Promedio Observado	5331	3684	5238	4936	4129
Rend Esperado	4357	4557	4757	4956	5156
Rend de Emergencia	647	676	706	736	765
SORGO					
Rend Promedio Observado	4143	3210	4060	3965	4497
Rend Esperado	3729	3850	3971	4091	4212
Rend de Emergencia	697	720	742	765	787
GIRASOL de PRIMERA					
Rend Promedio Observado	1560	1732	1544	1737	1408
Rend Esperado	1500	1535	1570	1605	1640
Rend de Emergencia	389	398	407	416	425
GIRASOL de SEGUNDA					

Rend Promedio Observado	1045	1194	1033	1347	1130
Rend Esperado	1031	1074	1118	1161	1205
Rend de Emergencia	117	122	127	132	137
(b) Cultivos de Invierno					
TRIGO	2001	2002	2003	2004	2005
Rend Promedio Observado	1143	706	2725	2960	2959
Rend Esperado	2626	2697	2768	2839	2910
Rend de Emergencia	886	910	933	957	981
CEBADA					
Rend Promedio Observado	913	1453	2717	2978	3103
Rend Esperado	2603	2461	2740	2809	2877
Rend de Emergencia	1069	1010	1125	1153	1181

Tabla 2: Cantidad de producto (Ton/ha de grano) y de fondos (US\$/ha) que hubieran sido necesarias para cubrir las diferencias entre la producción por debajo del nivel de emergencia y el rendimiento de nivel de emergencia.

Cultivos de Verano

	Maíz	Maíz	Sorgo	Sorgo	G1a	G1a	G2a	G2a
	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha
Promedio	0.018	2.094	0.021	1.90	0.009	1.55	0.004	0.63
1992/1993	0.004	0.49	0.006	0.43	0.011	1.76	0.002	0.33
1993/1994	0.011	1.47	0.024	2.56	0.005	1.22	0.002	0.40
1994/1995	0.007	0.94	0.000	0.01	0.004	0.76	0.000	0.02
1995/1996	0.011	2.11	0.014	2.09	0.003	0.56	0.002	0.35
1996/1997	0.007	0.87	0.010	0.87	0.000	0.05	0.000	0.08
1997/1998	0.005	0.51	0.018	1.28	0.008	1.87	0.004	0.93
1998/1999	0.007	0.68	0.020	1.41	0.009	1.19	0.001	0.16
1999/2000	0.104	11.61	0.140	13.33	0.041	5.64	0.037	4.94
2000/2001	0.029	2.53	0.018	0.90	0.002	0.23	0.001	0.14
2001/2002	0.025	2.51	0.006	0.36	0.009	1.59	0.000	0.04
2002/2003	0.002	0.19	0.005	0.41	0.006	1.09	0.002	0.28
2003/2004	0.018	2.28	0.010	1.09	0.000	0.10	0.000	0.07
2004/2005	0.010	1.04	0.000	0.01	0.018	4.13	0.002	0.40

Cultivos de Invierno

	Trigo	Trigo	Cebada	Cebada
	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha
Promedio	0.049	6.42	0.054	5.80
1993	0.017	2.20	0.018	1.94
1994	0.003	0.32	0.011	1.29
1995	0.004	0.72	0.005	0.95
1996	0.002	0.23	0.008	1.04
1997	0.024	2.73	0.066	7.74
1998	0.036	3.97	0.049	5.10
1999	0.020	1.90	0.033	3.25
2000	0.037	3.97	0.051	5.34
2001	0.063	7.63	0.262	26.76

2002	0.412	57.71	0.182	20.62
2003	0.003	0.47	0.003	0.47
2004	0.013	1.41	0.005	0.57
2005	0.001	0.18	0.003	0.34

Tabla 3: Sensibilidad de los rendimientos (promedio) a cubrir para distintas definiciones de emergencia, y cantidad de fondos necesarios para cubrirlos.

Desvíos Estándar	Trigo	Cebada	Maíz	Sorgo	Girasol 1a	Girasol 2a
del Rend. Esperado	Rendimiento de Emergencia Promedio					
	Kg/Ha					
1.00	1606	1728	2247	2067	900	519
1.64	1100	1266	1152	1158	561	246
2.00	838	1006	587	652	371	107
	Promedio de Fondos Necesarios Para Cubrir Emergencias					
	US\$/ha					
1.00	23.77	21.06	23.94	14.32	9.97	7.49
1.64	10.81	9.86	6.24	4.65	3.40	2.04
2.00	6.42	5.80	2.09	1.90	1.55	0.63

Numero de desvíos estándar a sustraer del valor esperado de rendimiento según la formula (3)

Es importante señalar que en el período de estudio (1992-2005) existieron una zafra de cultivos de verano (1999/2000) y dos zafras de cultivos de invierno (2001 y 2002) que fueron extraordinariamente desfavorables. En el caso del año 1999/2000 los cultivos de verano de secano sufrieron una de las sequías más intensas de los últimos 50 años, solamente comparable para algunas regiones a la zafra 1988/89. En el caso de los cultivos de invierno, los años 2001 y 2002 presentaron precipitaciones muy abundantes tanto en la época de antesis (asociado con problemas sanitarios) así como en la época de cosecha (que en muchos casos dificultaron o impidieron la recolección de cultivos).

Sería necesario estudiar cuál es la frecuencia esperada de zafras tan desfavorables para los cultivos que existen en el Uruguay. Es posible que la frecuencia de años con primaveras y/o veranos muy secos sea similar a la ocurrida en el período de estudio (es decir más o menos 1 año de cada 10). Trabajos recientes llevados a cabo por el grupo IRI/INIA-GRAS (Baethgen et al., 2003) sugieren que la frecuencia de años con lluvias muy altas ha venido aumentando en las últimas décadas en Uruguay. Sin embargo es poco probable que la frecuencia de años con lluvias tan superiores a lo normal sea similar a la que existió en el período de estudio (3 años en 10).

Por esta razón, y fundamentalmente a título informativo, se calcularon también los valores presentados en la Tabla 2 pero sin incluir a la zafra 1999/2000 para cultivos de verano, y sin incluir a las zafras 2001 y 2002 para el trigo y la cebada. Los valores obtenidos en este nuevo cálculo (y la reducción porcentual con respecto a incluir todos los años) fueron los siguientes:

MAIZ	=	1.30 U\$/ha	-38%
SORGO	=	0.95 U\$/ha	-50%
GIRASOL 1RA	=	1.21 U\$/ha	-22%
GIRASOL 2DA	=	0.27 U\$/ha	-58%
TRIGO	=	1.64 U\$/ha	-74%
CEBADA	=	2.55 U\$/ha	-56%

Es decir que excluyendo los años extremos, los fondos necesarios para cubrir las situaciones de emergencia se hubieran reducido entre 22 y 74%. De todas maneras, uno de

los objetivos principales de un fondo de emergencia es cubrir los impactos negativos de años extremos, como los que ocurrieron en las zafas señaladas. Como ya se mencionó, el desafío es determinar cuál es la frecuencia esperable de ese tipo de condiciones adversas para la producción. Estos resultados comprueban la variabilidad a la que se enfrenta la producción de cultivos de secano en Uruguay y el impacto que unos pocos años pueden tener sobre la necesidad de fondos para cubrir situaciones de emergencia. Esta variabilidad refleja los impactos de los riesgos correlacionados característicos de la agricultura, que llevan a una siniestralidad generalizada en años de condiciones adversas, y dificultades para el desarrollo de sistemas de seguros. Miranda y Glauber (1997) estimaron que los portafolios de empresas al seguro agrícola en Estados Unidos eran aproximadamente diez veces más riesgosos que los de participantes en las líneas tradicionales de seguros (por ejemplo automóviles o vida). La discusión presentada realiza la necesidad de contar con los fondos para cubrir situaciones catastróficas, y facilitar la estratificación y asignación de riesgos invocada anteriormente. Los resultados también demuestran la necesidad de establecer proyectos de investigación orientados por un lado a determinar la frecuencia de ocurrencia de zafas con existencia de eventos extremos, y por otro lado a explorar medidas de manejo tendientes a reducir la vulnerabilidad de la producción de cultivos a esta variabilidad climática. El análisis recién presentado resalta la necesidad de recolectar y mantener series de datos suficientemente extensas para poder caracterizar la variabilidad potencial.

1.2.4 Desvíos de rendimientos en relación a diferentes porcentajes del rendimiento esperado

Tal como se mencionó anteriormente este tipo de análisis es el más útil para el diseño de un sistema de seguros que intente cubrir un cierto nivel de desvío respecto a un rendimiento normal o esperado (comúnmente denominado “sistema de seguros de rendimiento”). En este tipo de sistema se determina un nivel de rendimiento esperado y se establece una póliza orientada a cubrir hasta un cierto valor porcentual de dicho rendimiento. A título de ejemplo, supongamos que se está trabajando con trigo y el rendimiento esperado para la zafa es de 2500 kg/ha. Supongamos en segundo lugar que el rendimiento que se intenta asegurar es el correspondiente a un 70% del rendimiento esperado (en este caso: $2500 \times 70\% = 1750$ kg/ha). Los productores que obtuvieran rendimientos iguales o superiores a 1750 kg/ha no calificarían para recibir una indemnización. Los productores con rendimientos inferiores a 1750 kg/ha recibirían una indemnización que cubriría la diferencia entre su rendimiento y los 1750 kg/ha.

El llevar a la práctica este tipo de sistema requeriría una inspección a cada chacra para estimar el rendimiento obtenido. Una alternativa más práctica para viabilizar este tipo de seguros sería el contar con una serie de chacras indicadoras en diferentes regiones con riesgos homogéneos, en las cuales se mediría la existencia o no de desvíos superiores a los fijados en la póliza. En los casos en que las chacras indicadoras de una región homogénea dada presentaran desvíos superiores a los definidos en la póliza, se procedería a indemnizar a todos los productores de dicha región suponiendo que todos esos productores presentaron desvíos porcentuales iguales a los observados en las chacras indicadoras.

La necesidad de fondos requeridos para cubrir desvíos de rendimiento depende entre otros factores, de la sensibilidad de la producción de un cultivo a las condiciones climáticas, de lo favorables o desfavorables que hayan sido las condiciones climáticas para la producción del cultivo en la zafa en estudio, y de la variabilidad existente entre productores dentro de un mismo año. Una consideración adicional es que productores en diferentes zonas, y usando distintas tecnologías van a obtener rendimientos esperados diferentes. En ese sentido, fijando la cobertura en base a un único rendimiento esperado genera coberturas efectivas diferenciales para los productores. A modo de ejemplo, y para continuar con los números dados anteriormente, supongamos que el rendimiento que se intenta asegurar es el 70% de lo esperado para la zafa de trigo, supuesto en 2500 Kg./ha, es decir 1750 Kg. ($2500 \times 0.7 = 1750$). Consideremos además dos productores (A y B) en la zona de interés. El productor A, y de acuerdo a los recursos naturales (condicionados por región, tipo de suelos, etc.) y/o tecnologías empleadas (condicionadas por sus conocimientos,

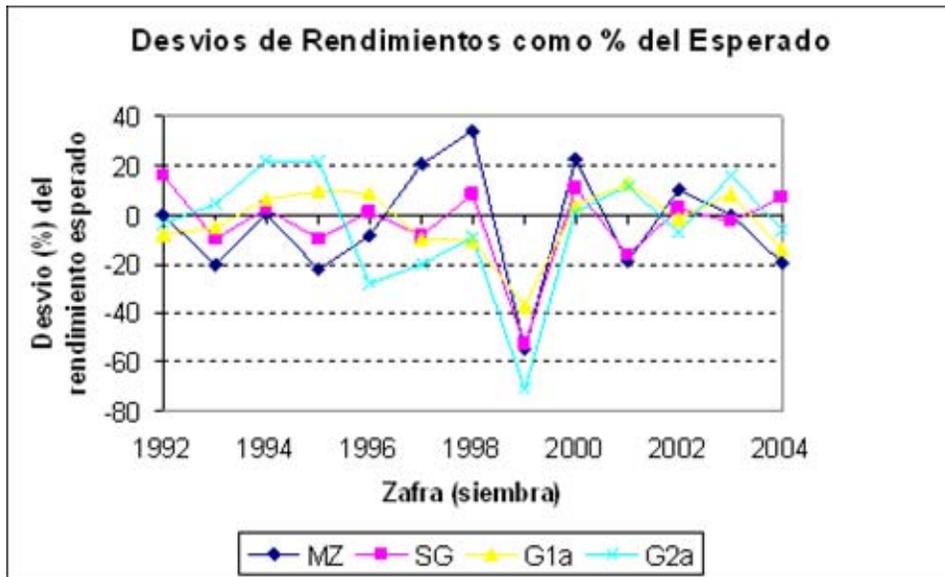
asesoramiento técnico, etc.) espera obtener 2000kg/ha, mientras que el rendimiento esperable para el productor B es de 3000 Kg./ha. En este ejemplo, el productor A obtiene una cobertura efectiva de 87.5% (1750/2000) de su rendimiento esperado, mientras que la misma es de 58.3% (1750/3000) para el productor B. En resumen, el seguro estaría brindando más protección al productor A que al B.

En la Figura 2 se presenta la evolución de los rendimientos medios nacionales de los cultivos observada en el período considerado en este trabajo. Los rendimientos se presentan como desvíos porcentuales del rendimiento esperado y por consiguiente son una buena indicación de la variabilidad existente en la productividad de los diferentes cultivos dada por su sensibilidad a las condiciones climáticas.

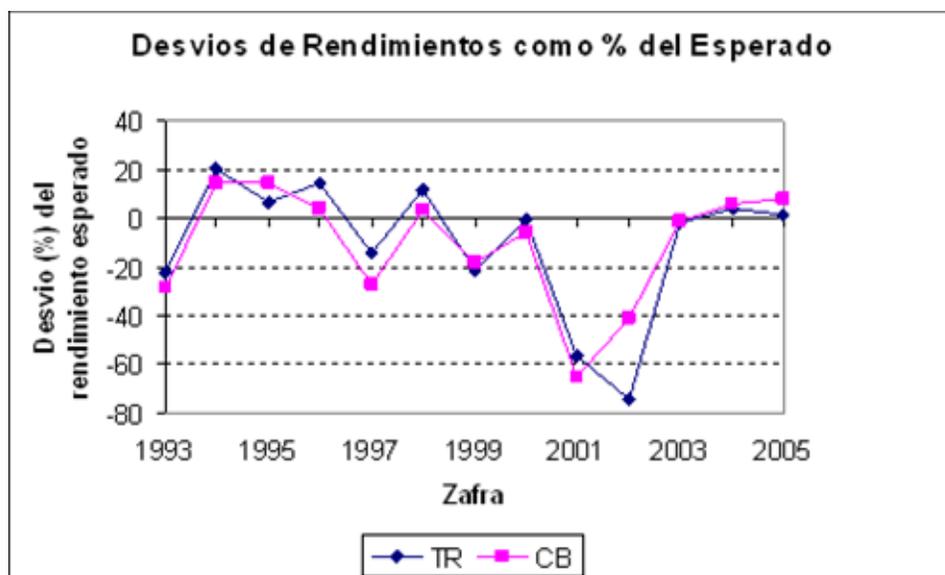
Dentro de los cultivos de verano el girasol de primera y el sorgo fueron los de productividad más estable: excluyendo la zafra 1999/2000 que presentó una sequía muy importante, todos los años presentaron desvíos inferiores al 20%. En el otro extremo el cultivo de maíz fue el que presentó mayor variabilidad entre años, y los rendimientos a nivel nacional evidenciaron desvíos de 30 a 40% con respecto al rendimiento esperado. Finalmente, el girasol de segunda presentó un comportamiento intermedio entre estos dos grupos de cultivos

Figura 2: Desvíos de rendimientos de los cultivos como porcentaje del rendimiento esperado en cada año según nivel tecnológico. (a) Cultivos de verano (MZ: maíz, SG: sorgo, G1A: girasol de primera, G2A: girasol de segunda), (b) Cultivos de invierno (TR: trigo, CB: cebada).

Cultivos de Verano



Cultivos de Invierno



En relación a los cultivos de invierno (trigo y cebada), los mismos presentaron una variabilidad muy similar entre sí, y relativamente baja (en general desvíos iguales o menores al 20%). Una excepción a este comportamiento se presentó en las zafras 2001 y 2002, donde un importante exceso de lluvias alrededor de la floración y en la época de la cosecha provocó daños inusualmente altos en la productividad de estos dos cultivos.

En las Tablas 4, 5, 6, 7, 8, y 9 se presentan los resultados obtenidos para cada cultivo en todos los años y en promedio del periodo estudiado para los niveles de 90%, 70% y 50% del rendimiento esperado, una vez cubierto el rendimiento de emergencia.

Tabla 4: Cantidad de maíz (Ton/ha de grano) y de fondos (US\$/ha) que hubiera sido necesario para cubrir en promedio y en cada año los casos en los que los productores obtuvieron rendimientos inferiores a 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado.

Maíz	90%	90%	70%	70%	50%	50%
	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha
Promedio	0.624	74.49	0.343	40.63	0.172	20.24
1992	0.391	42.63	0.167	18.16	0.071	7.76
1993	0.658	86.92	0.277	36.61	0.079	10.39
1994	0.345	43.77	0.125	15.93	0.047	5.95
1995	0.664	128.10	0.314	60.53	0.112	21.54
1996	0.507	60.33	0.223	26.57	0.096	11.40
1997	0.298	30.13	0.130	13.09	0.034	3.48
1998	0.264	26.17	0.142	14.03	0.070	6.96
1999	1.801	201.76	1.085	121.48	0.505	56.53
2000	0.301	26.49	0.183	16.13	0.102	8.97
2001	0.876	89.35	0.455	46.40	0.191	19.44
2002	0.269	26.87	0.097	9.65	0.021	2.11
2003	0.827	107.46	0.646	83.92	0.499	64.84
2004	0.915	98.35	0.611	65.67	0.408	43.81

Tabla 5: Cantidad de sorgo (Ton/ha de grano) y de fondos (US\$/ha) que hubiera sido necesario para cubrir en promedio y en cada año los casos en los que los productores obtuvieron rendimientos inferiores a 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado.

Sorgo	90%	90%	70%	70%	50%	50%
	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha
Promedio	0.464	41.54	0.223	19.89	0.088	7.90
1992	0.258	19.04	0.104	7.68	0.019	1.40
1993	0.432	46.12	0.219	23.35	0.090	9.60
1994	0.290	25.57	0.112	9.92	0.033	2.92
1995	0.463	70.85	0.190	29.06	0.067	10.28
1996	0.342	28.66	0.138	11.58	0.057	4.74
1997	0.571	39.98	0.313	21.88	0.136	9.53
1998	0.368	25.79	0.173	12.13	0.063	4.39
1999	1.474	140.02	0.906	86.07	0.453	43.05
2000	0.343	17.59	0.156	8.02	0.057	2.93
2001	0.609	39.26	0.258	16.63	0.081	5.23
2002	0.251	20.09	0.086	6.88	0.022	1.79
2003	0.423	47.76	0.176	19.90	0.054	6.11
2004	0.214	19.27	0.061	5.53	0.008	0.72

Tabla 6: Cantidad de girasol de primera (Ton/ha de grano) y de fondos (US\$/ha) que hubiera sido necesario para cubrir en promedio y en cada año los casos en los que los productores obtuvieron rendimientos inferiores a 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado.

G1a	90%	90%	70%	70%	50%	50%
	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha
Promedio	0.154	27.58	0.067	11.89	0.023	4.07
1992	0.136	22.59	0.058	9.65	0.025	4.23
1993	0.171	38.27	0.071	15.93	0.022	5.00
1994	0.117	21.54	0.039	7.22	0.008	1.39
1995	0.108	21.06	0.049	9.53	0.015	2.88
1996	0.072	12.31	0.024	4.14	0.002	0.37
1997	0.187	41.48	0.092	20.41	0.033	7.25
1998	0.148	20.44	0.063	8.69	0.020	2.75
1999	0.422	57.82	0.220	30.14	0.094	12.91
2000	0.132	17.27	0.038	5.02	0.011	1.44
2001	0.104	18.78	0.051	9.24	0.018	3.28
2002	0.141	26.14	0.062	11.45	0.019	3.60
2003	0.071	15.71	0.019	4.18	0.003	0.70
2004	0.197	45.09	0.083	18.95	0.031	7.14

Tabla 7: Cantidad de girasol de segunda (Ton/ha de grano) y de fondos (US\$/ha) que hubiera sido necesario para cubrir en promedio y en cada año los casos en los que los productores obtuvieron rendimientos inferiores a 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado.

G2a	90%	90%	70%	70%	50%	50%
	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha

Promedio	0.140	23.90	0.074	12.30	0.035	5.58
1992	0.119	19.77	0.063	10.49	0.026	4.36
1993	0.083	18.29	0.039	8.71	0.014	3.20
1994	0.051	9.39	0.027	4.98	0.012	2.31
1995	0.064	12.84	0.032	6.36	0.012	2.45
1996	0.061	10.48	0.024	4.20	0.008	1.37
1997	0.199	43.57	0.101	22.07	0.043	9.36
1998	0.112	15.79	0.041	5.72	0.013	1.81
1999	0.575	76.44	0.397	52.78	0.243	32.33
2000	0.112	14.75	0.048	6.29	0.014	1.90
2001	0.084	15.09	0.032	5.67	0.011	2.01
2002	0.166	30.63	0.081	15.03	0.032	5.94
2003	0.051	11.21	0.014	3.03	0.002	0.42
2004	0.142	32.46	0.064	14.54	0.022	5.15

Tabla 8: Cantidad de trigo (Ton/ha de grano) y de fondos (US\$/ha) que hubiera sido necesario para cubrir en promedio y en cada año los casos en los que los productores obtuvieron rendimientos inferiores a 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado.

Trigo	90%	90%	70%	70%	50%	50%
	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha
Promedio	0.36266	45.383	0.17	22.315	0.06	7.459
1993	0.379	48.70	0.152	19.49	0.040	5.12
1994	0.086	9.87	0.033	3.76	0.007	0.83
1995	0.143	26.82	0.056	10.46	0.010	1.95
1996	0.082	3.05	0.026	3.05	0.005	0.56
1997	0.369	42.83	0.164	18.99	0.048	5.52
1998	0.132	14.53	0.056	6.16	0.022	2.45
1999	0.409	38.84	0.145	13.74	0.035	3.28
2000	0.205	22.16	0.083	8.94	0.027	2.96
2001	1.160	141.53	0.649	79.15	0.212	25.88
2002	1.311	183.55	0.788	110.31	0.323	45.19
2003	0.169	24.84	0.048	7.07	0.008	1.15
2004	0.130	13.76	0.038	3.98	0.011	1.21
2005	0.139	19.51	0.036	5.00	0.006	0.87

Tabla 9: Cantidad de cebada (Ton/ha de grano) y de fondos (US\$/ha) que hubiera sido necesario para cubrir en promedio y en cada año los casos en los que los productores obtuvieron rendimientos inferiores a 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado.

Cebada	90%	90%	70%	70%	50%	50%
	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha	Ton/ha	US\$/ha
Promedio	0.33508	36.417	0.14	14.982	0.03	3.326
1993	0.419	46.13	0.158	17.35	0.022	2.39
1994	0.120	14.38	0.042	5.08	0.006	0.78
1995	0.082	14.18	0.023	4.01	0.003	0.51
1996	0.140	4.87	0.037	4.87	0.005	0.64

1997	0.444	51.95	0.189	22.13	0.040	4.67
1998	0.161	16.87	0.054	5.71	0.014	1.44
1999	0.357	35.39	0.137	13.53	0.026	2.59
2000	0.170	17.72	0.064	6.63	0.014	1.49
2001	1.168	119.15	0.656	66.91	0.180	18.31
2002	0.786	88.83	0.362	40.93	0.080	9.01
2003	0.210	31.07	0.029	4.29	0.007	0.97
2004	0.169	18.02	0.014	1.48	0.002	0.16
2005	0.129	14.87	0.016	1.84	0.002	0.27

Tal como se realizó en la sección de rendimientos de emergencias, y también a título informativo, se calcularon los valores presentados en las Tablas 4 a 9 pero sin incluir a la zafra 1999/2000 para cultivos de verano, y sin incluir a las zafras 2001 y 2001 para el trigo y la cebada. Como ejemplo de los valores obtenidos en este nuevo cálculo (y la reducción porcentual con respecto a incluir todos los años) se utilizó el nivel de 70% de rendimiento esperado, y los resultados fueron los siguientes:

MAIZ	=	33.9 U\$S/ha	-17%
SORGO	=	14.4 U\$S/ha	-28%
GIRASOL 1RA	=	10.4 U\$S/ha	-13%
GIRASOL 2DA	=	8.9 U\$S/ha	-27%
TRIGO	=	9.1 U\$S/ha	-59%
CEBADA	=	7.9 U\$S/ha	-47%

Los resultados indican que en promedio los recursos necesarios para cubrir las diferencias de rendimientos con un nivel de 70% de los rendimientos esperados, hubieran bajado a la mitad o más en el caso de los cultivos de invierno si no se hubiera incluido en el análisis los valores correspondientes a las zafras 2001 y 2002.

1.3 Comentarios Finales

Los modelos de regresión lineal simple utilizados para estimar los rendimientos esperados para cada cultivo y en cada zafra indicaron que en la última década todos los cultivos estudiados presentaron un incremento en su productividad debido a cambios en la tecnología empleada. El cultivo que presentó mayores aumentos fue el maíz para el cual los rendimientos se duplicaron en los últimos 10 años.

Los rendimientos de indiferencia calculados muestran la caída que han sufrido los precios de algunos granos en los últimos 10 años. En la mayoría de las zafras dichos rendimientos fueron apenas inferiores que los esperados, sugiriendo una expectativa de baja rentabilidad. En algunos casos los rendimientos esperados no hubieran sido suficientes para cubrir los costos de instalación de los cultivos. Esta situación enfatiza aún más la necesidad de contar con un sistema adecuado de seguros para la producción de cultivos. El análisis también demuestra la variabilidad en los rendimientos de indiferencia, elemento que dificulta la gestión de empresas agrícolas.

Los rendimientos calculados como de “nivel de emergencias” fueron 59% a 89% más bajos que los rendimientos esperados. De acuerdo a los resultados obtenidos en las zafras estudiadas, los montos (U\$S/ha) que hubieran sido necesarios para cubrir las diferencias entre la producción por debajo del nivel de emergencia y dicho rendimiento de emergencia fueron: 1.9 U\$S/ha para sorgo, 0.63 U\$S/ha para girasol de segunda, 1.6 U\$S/ha para girasol de primera, 2.1 U\$S/ha para maíz, 6.4 U\$S/ha para trigo y 5.8 U\$S/ha para cebada. Sin embargo, cuando se excluyeron las zafras que fueron excepcionalmente desfavorables para los cultivos, los valores correspondientes bajaron a: 0.95 U\$S/ha para sorgo, 0.27 para

girasol de segunda, 1.21 US\$/ha para girasol de primera, 1.3 US\$/ha para maíz, 1.6 US\$/ha para trigo, y 2.6 US\$/ha para cebada. El desafío pendiente consiste en establecer un estudio para determinar cuál es la frecuencia esperada de ocurrencia de zafras tan desfavorables para los diferentes cultivos.

Las estimaciones de producto (Ton/ha de grano) y de los fondos (US\$/ha) correspondientes necesarios para cubrir los casos en que los productores obtuvieron rendimientos inferiores al 70% del esperado, variaron en promedio entre 12 y 40 US\$/ha. Cuando se excluyeron las zafras excepcionalmente desfavorables para los cultivos, el rango de variación bajó a 8 a 34 US\$/ha.

Referencias

Baethgen, W. E. y A. Giménez. 2003 La Variabilidad Climática, el Cambio del Clima y el Sector Agropecuario. IN: Jornada de Clima y Restricciones Hídricas de Pasturas en Zonas Ganaderas, 30 de junio de 2004, Tacuarembó, Uruguay.

http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/ambiente/clima_tcbo_0406.pdf

Banco Mundial. "Managing Agricultural Production Risk: Innovations in Developing Countries." June, 2005. 74pp.

Knight, T. O., and K. H. Coble. 1997. "Survey of U.S. Multiple Peril Crop Insurance Literature Since 1980." *Review of Agricultural Economics* (19) 1: 128-156.

Miranda, M. J, y J. W. Glauber. 1997. "Systemic Risk, Reinsurance, and the Failure of Crop Insurance Markets." *American Journal of Agricultural Economics* 79 (Febrero 1997): 206-215

Moschini, G., and D. A. Hennessy. 2001. "Uncertainty, Risk Aversion, and Risk Management for Agricultural Producers." Chapter 2 in B. Gardner, and G. Rausser Eds. *Handbook of Agricultural Economics*, Vol.1. Elsevier: 87-153.

Plata, V. "Características del Riesgo en el Sector Agropecuario." Sección 4.1 En Instituto Plan Agropecuario e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Eds. *Financiamiento Agropecuario: Desafío para el Uruguay*.