Caracterización de la Variabilidad de Rendimientos de Cultivos Agrícolas Extensivos y Estimación de Niveles de Rendimientos de Emergencia

Walter E. Baethgen (Ph.D.)

Introducción

El marco económico general en el que se encuentra la producción agropecuaria en Uruguay demanda que las empresas incrementen su competitividad. Esto requiere que los productores incorporen nuevas tecnologías y un mayor énfasis en la gestión, planificación y disminución de los riesgos. La mejor planificación productiva y la incorporación de nuevas tecnologías ha permitido en los últimos años importantes aumentos de los rendimientos de cultivos extensivos..

Sin embargo, y aún en el caso de lograr optimizar sus sistemas de producción, las empresas agropecuarias están sujetas a enfrentar circunstancias adversas que están fuera de su control. Una de estas circunstancias es la variación de precios a la que se enfrentan los productores de Uruguay en el mercado internacional de commodities. Cuando se toma en consideración la evolución de los precios de las commodities durante las últimas décadas se evidencia el fuerte impacto que ha tenido la variabilidad de los mismos sobre los ingresos sectoriales en general y de los productores en particular. Para contrarrestar este riesgo se han desarrollado mecanismos de cobertura a través de los mercados de futuros y opciones.

Otra de las circunstancias incontrolables a las que se enfrentan los productores agropecuarios la constituyen los eventos climáticos adversos (heladas, granizo, sequías, inundaciones) resultantes de la variabilidad climática normal. Sin embargo, frente al riesgo productivo causado por la variabilidad climática, hasta el presente en Uruguay no se ha desarrollado un sistema consistente y con una oferta adecuada de seguros agropecuarios (comentario: creo que la palabra incluye la forestación) para cubrir las necesidades de las producciones extensivas, salvo el tradicional seguro contra granizo.

En la actualidad los gobiernos y productores agropecuarios de la región enfrentan los eventos climáticos adversos implementando medidas de “manejo de la crisis” ocasionadas una vez instalados (por ejemplo a través de sistemas nacionales de emergencias). En muchos casos la implementación de este tipo de medidas implica un costo muy elevado para el Estado. Un enfoque más moderno para enfrentar circunstancias climáticas adversas consiste en la formulación e implementación de medidas anticipatorias comúnmente denominadas estrategias de **“manejo de riesgos”**. Dentro de ésta se encuentra la implementación de políticas agropecuarias tendientes a estimular actividades productivas con bajo riesgo, y a disuadir actividades riesgosas. Dos instrumentos muy efectivos para el diseño de este tipo de políticas son los créditos diferenciales y los sistemas de seguros. En ambos casos se establecen mecanismos de costos diferenciales para los productores agropecuarios (tasas de interés, primas de seguros) que resultan más beneficiosas para las actividades productivas en zonas agroecológicas que presentan riesgos menores.

La inexistencia de coberturas diversificadas en Uruguay y a costos accesibles aumenta la vulnerabilidad económica del sector agropecuario y dificulta el acceso al crédito l afectando la capacidad de inversión y la recomposición del capital productivo. Durante los últimos años se ha intentado ampliar la cobertura a riesgos climáticos múltiples con poco éxito. Una de las dificultades encontradas para la implementación de un sistema adecuado de seguros agropecuarios así como para el manejo racional de emergencias y desastres naturales a través de las políticas públicas, es la inexistencia de un sistema de información que permita identificar y zonificar los riesgos a una escala operativa.

En este contexto, la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca comenzó una serie de actividades en colaboración con otras dependencias del MGAP, con la Dirección de Meteorología y con el Instituto de Investigación

Agropecuaria (INIA) tendientes a establecer las bases para la implementación de un sistema de seguros agropecuarios. Una de estas actividades consistió en establecer estudios sobre la variabilidad histórica observada en la productividad de cultivos anuales extensivos. En el presente documento se describe la metodología desarrollada para dichos estudios y los resultados obtenidos para dos cultivos de invierno (trigo y cebada) y para tres cultivos de verano: maíz, girasol (de primera y de segunda) y sorgo.

2. Materiales y Métodos

En Uruguay, la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA) del 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. Para el presente trabajo se contó con la información recabada en dichas encuestas para el período 1992/93 – 2002/03, que surgen de una muestra de 500 a 800 productores por año, y por lo tanto permiten caracterizar (al menos parcialmente) la variabilidad observada en los rendimientos de los cultivos dentro de un mismo año. Utilizando esta fuente de información se realizaron diferentes análisis que se detallan a continuación.

2.1 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 interés es la relacionada a 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, suavizadores polinomiales, medias móviles) 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.

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. Una vez establecida la tendencia para cada cultivo se procedió a estimar desvíos relativos de cada año en el período de estudio (1992-2003) mediante la siguiente fórmula:

$$dy_{it} = (y_{it} - \hat{y}_t) * 100 / y_t \qquad [1]$$

donde,

dy_{it}, es el desvío porcentual del rendimiento observado para el productor *i* en el año *t*,
y_{it}, 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.

2.2. Cálculo de rendimientos de indiferencia o equilibrio

Se recabó información sobre los precios en zafra ¿? [de los cultivos (fuente OPYPA) 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:

$$\mathbf{RI_{ct} = C_{ct} / P_{ct}} \quad [2]$$

donde,

RI_{ct} es el rendimiento de indiferencia (en kg/ha) para el cultivo ***c*** en el año ***t***
C_{ct} es el costo de producción (en US$/ha) para el cultivo ***c*** en el año ***t***
P_{ct} es el precio recibido (en US$/kg de producto) para el cultivo ***c*** en el año **t**

2.3. Rendimientos de "Catástrofes" o "Emergencias"

Uno de los objetivos del presente análisis fue la estimación de recursos monetarios que hubiera sido necesario 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 (***ds_{ct}***) y se estimó a continuación la diferencia entre el rendimiento esperado (**$\hat{y}_t$** en la fórmula [1]) y el doble del desvío estándar[1], es decir:

$$\mathbf{RE_{ct} = \hat{y}_{ct} - 2ds_{ct}} \quad [3]$$

donde,

RE_{ct} es el rendimiento de emergencia para el cultivo ***c*** en el año ***t,***
$\hat{y}_{ct}$ es el rendimiento esperado para el cultivo ***c*** en el año ***t***
$2ds_{ct}$ es el doble del desvío estándar para la muestra del cultivo ***c*** en el año ***t***

El rendimiento de emergencia se expresó como porcentaje del rendimiento esperado **(REP_{ct})** según la fórmula:

$$\mathbf{REP_{ct} = RE_{ct} * 100 / \hat{y}_{ct}}.$$

A continuación se calculó el promedio de estos rendimientos porcentuales para cada cultivo en todos los años considerados (**REP_c**). El rendimiento de emergencia para cada cultivo y en cada año se obtuvo entonces multiplicando el rendimiento esperado por el valor de ***REP_{ct}***.[no es ***REP_C*** ¿?, sino para que se calcula el ***REP_C***] Por ejemplo para el cultivo de trigo el rendimiento de emergencia promedio de 1992-2002, correspondió a un 28.5% del rendimiento esperado que para 1999 este valor fue 2414 kg/ha. Por lo tanto el valor correspondiente al rendimiento de emergencia para trigo en 1999 es de: 2414 * 28.5% = 688 kg/ha. Los mismos resultados se obtienen definiendo el rendimiento de emergencia como un desvío del 71.5% (100% - 28.5%) del rendimiento esperado: 2414 kg/ha – 71.5% = 688 kg/ha

Una vez establecido el rendimiento de emergencia para cada año, se estimó la cantidad de producto (ton 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 rendimiento de emergencia y el propio rendimiento de emergencia.

[1] 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 **$\hat{y}_t - 2ds_{ct}$** es aproximadamente 5%.

2.4. 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 calculó el rendimiento correspondiente al esperado según nivel tecnológico ($\hat{y}_{ct}$), 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 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.

3. Resultados y Discusión

3.1 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 se presentan en el siguiente cuadro:

Cultivo	kg /ha año
CEBADA	45.5
TRIGO	68.1
MAIZ	205.8
SORGO	45.4
G1a	34.5
G2a	25.7

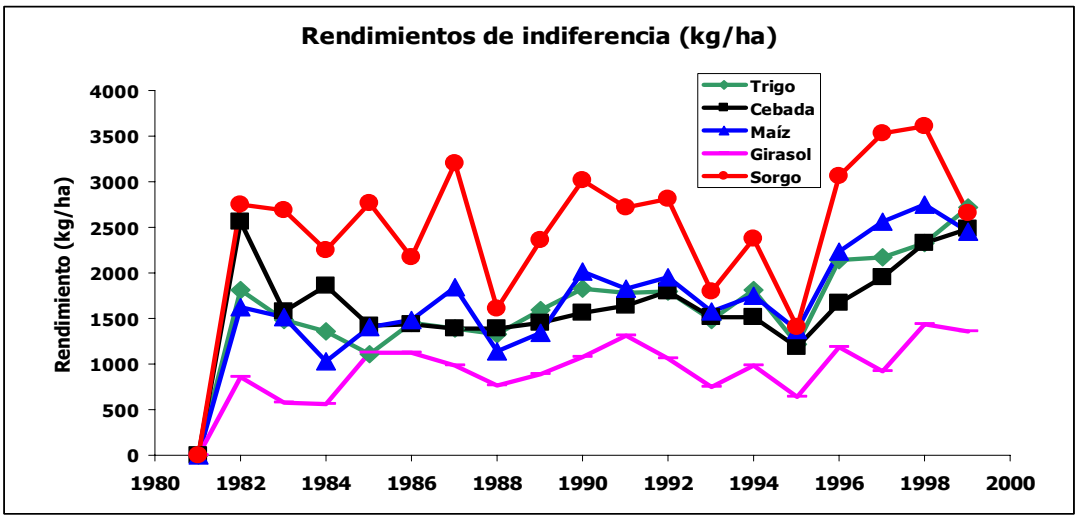
Es interesante observar que en la última década todos los cultivos estudiados presentaron incrementos en su productividad debido a cambios en la tecnología empleada. Sin embargo lo más llamativo de dicho cuadro es sin dudas el importante incremento que ha evidenciado el rendimiento de maíz. Una de las 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 los 1990s a más de 5000 kg/ha en el 2002).

3.2 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 lo productores han debido obtener

para cubrir los costos de producción de los cultivos, aumento que ha sido causado por la conocida caída que han presentado los precios de las *commodities*.

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



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.

3.3 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 28.5%, 27.0%, 23.8%, 26.2%, 25%, y 16.7%, respectivamente. Estos resultados indican que los rendimientos del nivel de emergencias fueron 72% a 83% 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.

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

MAIZ	*1992/93*	*1993/94*	*1994/95*	*1995/96*	*1996/97*	*1997/98*	*1998/99*	*1999/00*	*2000/01*	*2001/02*	*2002/03*
Rend Promedio Observado	**2760**	**2357**	**3101**	**2357**	**3945**	**5266**	**6232**	**2789**	**6115**	**3685**	**5238**
Rend Esperado	**2630**	**2901**	**3173**	**3445**	**3717**	**3989**	**4260**	**4532**	**4804**	**5076**	**5348**
Rend de Emergencia	**626**	**691**	**755**	**820**	**885**	**949**	**1014**	**1079**	**1143**	**1208**	**1273**
SORGO											
Rend Promedio Observado	**3204**	**2603**	**3072**	**2809**	**3284**	**3088**	**3767**	**1712**	**4145**	**3211**	**4061**
Rend Esperado	**2942**	**2988**	**3033**	**3079**	**3124**	**3170**	**3215**	**3260**	**3306**	**3351**	**3397**
Rend de Emergencia	**441**	**448**	**455**	**462**	**469**	**476**	**482**	**489**	**496**	**503**	**510**
GIRASOL de PRIMERA											
Rend Promedio Observado	**1124**	**1191**	**1368**	**1450**	**1600**	**1453**	**1392**	**1313**	**1765**	**1732**	**1545**
Rend Esperado	**1221**	**1266**	**1311**	**1357**	**1402**	**1447**	**1492**	**1538**	**1583**	**1628**	**1674**
Rend de Emergencia	**320**	**332**	**344**	**355**	**367**	**379**	**391**	**403**	**415**	**427**	**438**
GIRASOL de SEGUNDA											
Rend Promedio Observado	**661**	**759**	**937**	**994**	**618**	**719**	**859**	**317**	**1046**	**1194**	**1036**
Rend Esperado	**702**	**728**	**754**	**779**	**805**	**831**	**857**	**882**	**908**	**934**	**959**
Rend de Emergencia	**176**	**182**	**188**	**195**	**201**	**208**	**214**	**221**	**227**	**233**	**240**
SORGO											
Rend Promedio Observado	**3204**	**2603**	**3072**	**2809**	**3284**	**3088**	**3767**	**1712**	**4145**	**3211**	**4061**
Rend Esperado	**2942**	**2988**	**3033**	**3079**	**3124**	**3170**	**3215**	**3260**	**3306**	**3351**	**3397**
Rend de Emergencia	**441**	**448**	**455**	**462**	**469**	**476**	**482**	**489**	**496**	**503**	**510**

TRIGO	*1993*	*1994*	*1995*	*1996*	*1997*	*1998*	*1999*	*2000*	*2001*	*2002*
Rend Promedio Observado	**1612**	**2568**	**2343**	**2604**	**2019**	**2700**	**1961**	**2545**	**995**	**731**
Rend Esperado	**2129**	**2176**	**2224**	**2271**	**2319**	**2366**	**2414**	**2461**	**2508**	**2556**
Rend de Emergencia	**607**	**620**	**634**	**647**	**661**	**674**	**688**	**701**	**715**	**728**
CEBADA										
Rend Promedio Observado	**1465**	**2440**	**2512**	**2358**	**1703**	**2494**	**2025**	**2403**	**914**	**1459**
Rend Esperado	**2051**	**2097**	**2142**	**2188**	**2233**	**2279**	**2324**	**2370**	**2415**	**2461**
Rend de Emergencia	**554**	**566**	**578**	**591**	**603**	**615**	**628**	**640**	**652**	**664**

Tabla 2: 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.

(a) Cultivos de Verano

	Maíz Ton/ha	Maíz US$/ha	Sorgo Ton/ha	Sorgo US$/ha	G1a Ton/ha	G1a US$/ha	G2a Ton/ha	G2a US$/ha
Promedio	**0.04**	**4.57**	**0.02**	**1.49**	**0.01**	**1.58**	**0.01**	**1.84**
1992	*0.007*	*0.79*	*0.005*	*0.36*	*0.011*	*1.81*	*0.005*	*0.88*
1993	*0.022*	*2.91*	*0.019*	*2.00*	*0.006*	*1.29*	*0.004*	*0.88*
1994	*0.014*	*1.72*	*0.000*	*0.00*	*0.004*	*0.78*	*0.002*	*0.45*
1995	*0.022*	*4.32*	*0.007*	*1.10*	*0.003*	*0.60*	*0.004*	*0.89*
1996	*0.018*	*2.13*	*0.008*	*0.65*	*0.000*	*0.05*	*0.001*	*0.16*
1997	*0.012*	*1.22*	*0.012*	*0.87*	*0.009*	*2.03*	*0.012*	*2.55*
1998	*0.022*	*2.15*	*0.015*	*1.02*	*0.009*	*1.31*	*0.003*	*0.40*
1999	*0.209*	*23.45*	*0.098*	*9.29*	*0.046*	*6.28*	*0.096*	*12.72*
2000	*0.053*	*4.71*	*0.011*	*0.56*	*0.002*	*0.26*	*0.002*	*0.33*
2001	*0.064*	*6.50*	*0.004*	*0.23*	*0.010*	*1.76*	*0.001*	*0.14*
2002	*0.003*	*0.33*	*0.004*	*0.28*	*0.007*	*1.25*	*0.005*	*0.86*

(b) Cultivos de Invierno

	Trigo Ton/ha	Trigo US$/ha	Cebada Ton/ha	Cebada US$/ha
Promedio	**0.04**	**5.81**	**0.03**	**2.90**
1993	*0.013*	*1.63*	*0.004*	*0.39*
1994	*0.002*	*0.20*	*0.004*	*0.52*
1995	*0.003*	*0.50*	*0.002*	*0.41*
1996	*0.001*	*0.16*	*0.004*	*0.51*
1997	*0.015*	*1.79*	*0.028*	*3.24*
1998	*0.029*	*3.24*	*0.029*	*3.03*
1999	*0.014*	*1.30*	*0.013*	*1.26*
2000	*0.029*	*3.09*	*0.031*	*3.25*
2001	*0.030*	*3.65*	*0.078*	*7.95*
2002	*0.304*	*42.52*	*0.075*	*8.49*

Es importante señalar que durante en el período de estudio (1992-2002) 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 1989/90. 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 caso 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 IFDC/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:

Maíz =	**2.68 US$/ha**	**(-41%)**
Sorgo =	**0.71 US$/ha**	**(-52%)**
Girasol 1ª =	**1.12 US$/ha**	**(-30%)**
Girasol 2ª =	**0.75 US$/ha**	**(-59%)**
Trigo =	**1.50 US$/ha**	**(-74%)**
Cebada =	**1.58 US$/ha**	**(-46%)**

Es decir que excluyendo los años extremos, los fondos necesarios para cubrir las situaciones de emergencia se hubieran reducido entre 30 y 74%. 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. Los resultados también demuestran la necesidad de establecer proyectos de investigación orientados por un lado a determinar la frecuencia de ocurrencia de zafras 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.

3.4 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 sistemas 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 zafra 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 x 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.

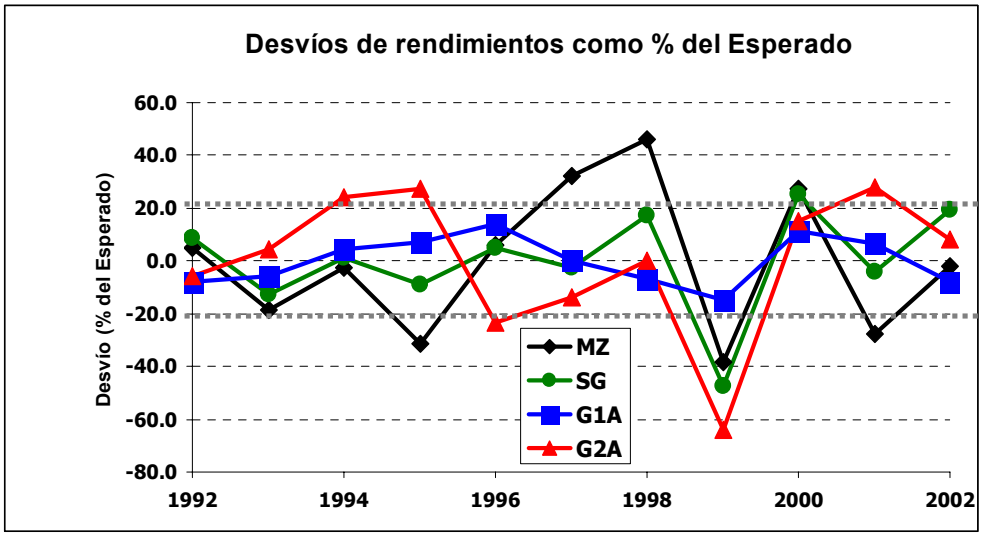
Llevar a la práctica este tipo de sistema requeriría una inspección a cada chacra para estimar el rendimiento obtenido. Una alternativa más práctica para viabilizar este tipo de seguros sería el contar con una serie de chacras indicadoras en diferentes regiones con riesgos homogéneos, en las cuales se 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 presentara 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 zafra en estudio, y de la variabilidad existente entre productores dentro de un mismo año.

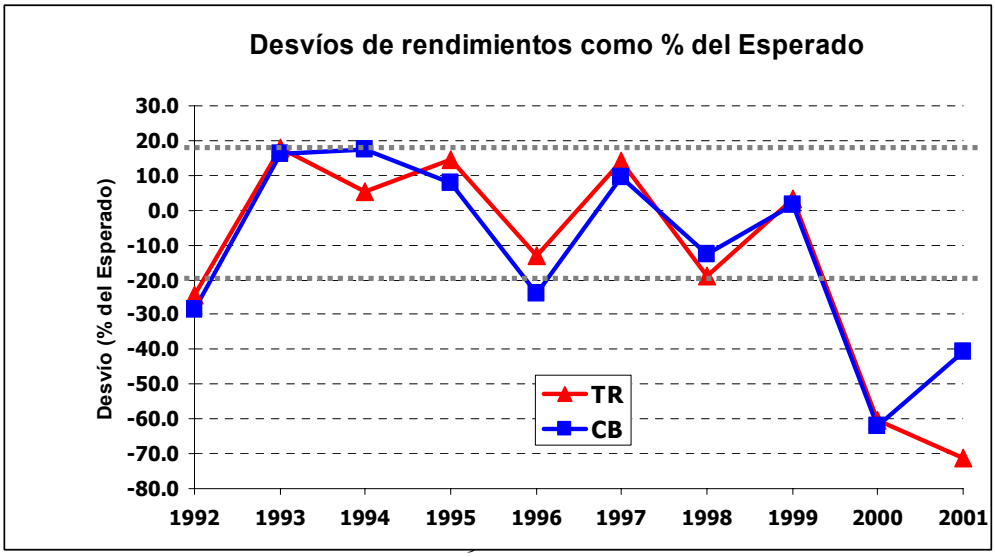
En la Figura 2 se presenta la evolución de los rendimientos medios nacionales de los cultivos observada en el período considerado en este trabajo. Los rendimientos se presentan como desvíos porcentuales del rendimiento esperado y por consiguiente son una buena indicación de la variabilidad existente 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).

(a) Cultivos de Verano



(b) 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%). Un excepción a este comportamiento se presentó en las dos última zafras consideradas, donde un importante exceso de lluvias alrededor de la floración y en la época de la cosecha provocaron daños inusualmente altos en la productividad de estos dos cultivos.

En las Tablas 3, 4, 5, 6, 7 y a 8 se presentan los resultados obtenidos para cada cultivo en todos los años y en promedio del período estudiado para los niveles de 90%, 70% y 50% del rendimiento esperado.

Tabla 3: Evolución por unidad de superficie de la producción de maíz con rendimientos inferiores al 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado (en volumen y valor).

Maíz	90% Ton/ha	90% US$/ha	70% Ton/ha	70% US$/ha	50% Ton/ha	50% US$/ha
Promedio	**0.65**	**76.87**	**0.32**	**37.18**	**0.12**	**13.97**
1992	0.337	36.73	0.146	15.89	0.059	6.39
1993	0.611	80.61	0.243	32.06	0.064	8.41
1994	0.345	43.76	0.122	15.43	0.041	5.25
1995	0.707	136.39	0.326	62.88	0.109	21.13
1996	0.573	68.13	0.244	29.00	0.097	11.51
1997	0.353	35.67	0.151	15.23	0.036	3.66
1998	0.312	30.85	0.150	14.89	0.067	6.61
1999	2.024	226.67	1.186	132.78	0.510	57.08
2000	0.360	31.65	0.195	17.18	0.098	8.59
2001	1.121	114.37	0.567	57.83	0.212	21.64
2002	0.407	40.69	0.158	15.79	0.034	3.36

Tabla 4: Evolución por unidad de superficie de la producción de sorgo con rendimientos inferiores al 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado (en volumen y valor).

Sorgo	90% Ton/ha	90% US$/ha	70% Ton/ha	70% US$/ha	50% Ton/ha	50% US$/ha
Promedio	**0.42**	**37.83**	**0.21**	**19.02**	**0.09**	**8.18**
1992	0.313	23.06	0.138	10.16	0.025	1.82
1993	0.485	51.83	0.245	26.15	0.103	11.04
1994	0.302	26.65	0.116	10.26	0.035	3.06
1995	0.448	68.55	0.186	28.44	0.070	10.76
1996	0.295	24.70	0.128	10.71	0.053	4.45
1997	0.499	34.92	0.277	19.38	0.122	8.57
1998	0.296	20.74	0.139	9.70	0.055	3.86
1999	1.250	118.79	0.782	74.32	0.411	39.04
2000	0.239	12.25	0.116	5.93	0.050	2.54
2001	0.379	24.42	0.159	10.25	0.056	3.61
2002	0.128	10.26	0.049	3.89	0.015	1.20

Tabla 5: Evolución por unidad de superficie de la producción de girasol de primera con rendimientos inferiores al 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado (en volumen y valor).

G1a	90% Ton/ha	90% US$/ha	70% Ton/ha	70% US$/ha	50% Ton/ha	50% US$/ha
Promedio	**0.18**	**30.20**	**0.08**	**13.26**	**0.03**	**4.49**
1992	0.136	22.63	0.058	9.64	0.025	4.20
1993	0.176	39.32	0.073	16.37	0.023	5.11
1994	0.125	22.95	0.042	7.75	0.008	1.47
1995	0.117	22.76	0.052	10.18	0.016	3.05
1996	0.082	14.09	0.027	4.68	0.003	0.56
1997	0.206	45.76	0.101	22.41	0.036	7.95
1998	0.173	23.93	0.073	10.01	0.022	3.03
1999	0.470	64.38	0.246	33.69	0.103	14.18
2000	0.164	21.46	0.050	6.55	0.013	1.75
2001	0.125	22.52	0.060	10.75	0.020	3.68
2002	0.175	32.41	0.075	13.86	0.024	4.46

Tabla 6: Evolución por unidad de superficie de la producción de girasol de segunda con rendimientos inferiores al 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado (en volumen y valor).

G2a	90% Ton/ha	90% US$/ha	70% Ton/ha	70% US$/ha	50% Ton/ha	50% US$/ha
Promedio	**0.11**	**18.54**	**0.06**	**9.57**	**0.03**	**3.96**
1992	0.124	20.61	0.064	10.64	0.025	4.16
1993	0.081	17.86	0.037	8.26	0.012	2.72
1994	0.046	8.44	0.023	4.27	0.010	1.78
1995	0.053	10.58	0.025	5.02	0.008	1.69
1996	0.048	8.30	0.019	3.22	0.006	1.08
1997	0.154	33.78	0.075	16.38	0.027	6.00
1998	0.073	10.29	0.025	3.52	0.008	1.11
1999	0.427	56.85	0.279	37.10	0.146	19.38
2000	0.071	9.38	0.029	3.87	0.008	1.07
2001	0.047	8.49	0.020	3.59	0.006	1.13
2002	0.105	19.40	0.051	9.35	0.019	3.48

Tabla 7: Evolución por unidad de superficie de la producción de trigo con rendimientos inferiores al 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado (en volumen y valor).

Trigo	90% Ton/ha	90% US$/ha	70% Ton/ha	70% US$/ha	50% Ton/ha	50% US$/ha
Promedio	**0.42**	**52.31**	**0.22**	**27.53**	**0.15**	**19.93**
1993	0.426	54.78	0.177	22.74	0.050	6.45
1994	0.094	10.76	0.037	4.25	0.009	1.03
1995	0.149	28.09	0.059	11.10	0.012	2.32
1996	0.083	3.12	0.027	3.12	0.005	0.63
1997	0.366	42.44	0.166	19.30	0.054	6.21
1998	0.130	14.27	0.060	6.59	0.027	3.02
1999	0.373	35.39	0.133	12.66	0.037	3.49
2000	0.187	20.24	0.081	8.78	0.032	3.46
2001	1.089	132.80	0.607	74.02	0.206	25.18
2002	1.294	181.22	0.805	112.73	1.054	147.52

Tabla 8: Evolución por unidad de superficie de la producción de cebada con rendimientos inferiores al 90%, 70%, y 50% del rendimiento esperado (en volumen y valor).

Cebada	90% Ton/ha	90% US$/ha	70% Ton/ha	70% US$/ha	50% Ton/ha	50% US$/ha
Promedio	**0.37**	**39.38**	**0.18**	**19.82**	**0.09**	**9.54**
1993	0.430	47.28	0.170	18.70	0.035	3.89
1994	0.121	14.54	0.046	5.56	0.012	1.48
1995	0.076	13.26	0.024	4.09	0.000	0.02
1996	0.124	4.55	0.035	4.55	0.008	1.04
1997	0.424	49.56	0.200	23.42	0.068	7.95
1998	0.145	15.26	0.064	6.69	0.030	3.10
1999	0.310	30.67	0.127	12.58	0.037	3.63
2000	0.149	15.46	0.070	7.26	0.028	2.92
2001	1.185	120.87	0.713	72.73	0.286	29.15
2002	0.729	82.38	0.377	42.60	0.373	42.20

Tal como se realizó en la sección de rendimientos de emergencias, y también a título informativo, se calcularon los valores presentados en la Tabla 3 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:

	US$ / ha	Reducción (%)
Maíz	**27.62**	**25.7**
Sorgo	**13.49**	**29.1**
G1a	**11.22**	**15.4**
G2a	**6.81**	**28.8**
Trigo	**11.07**	**59.8**
Cebada	**10.36**	**47.7**

Los resultados del cuadro 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.

4. *Conclusiones*

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 los 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.

Los rendimientos calculados como de "nivel de emergencias" fueron 72% a 83% más bajos que los rendimientos esperados. De acuerdo a los resultados obtenidos en las zafras estudiadas, los montos (US$/ha) que hubieran sido necesarios para cubrir las diferencias entre la producción por debajo del nivel de emergencia y dicho rendimiento de emergencia fueron: 1.50 US$/ha para sorgo, 1.60 -1.80 US$/ha para girasol, 4.50 US$/ha para maíz, 5.80 US$/ha para trigo y 2.90 US$/ha para cebada. Sin embargo, cuando se excluyeron las zafras que fueron excepcionalmente desfavorables para los cultivos, los valores correspondientes bajaron a: 0.71 US$/ha para sorgo, 0.80 - 1.10 US$/ha para girasol, 2.68 US$/ha para maíz, 1.50 US$/ha para trigo y 1.58 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$/ha) correspondientes necesarios para cubrir los casos en que los productores obtuvieron rendimientos inferiores al 70% del esperado, variaron en promedio entre 10 y 37 US$/ha. Cuando se excluyeron las zafras excepcionalmente desfavorables para los cultivos, el rango de variación bajó a 6 a 27 US$/ha.

5. Comentarios Finales y Recomendaciones

Para el establecimiento de un sistema racional de seguros para la producción de cultivos anuales extensivos es necesario continuar con estudios de este tipo, agregando a la información de DIEA otras fuentes de información (ej.: registros de FUCREA, Central Cooperativa de Granos, malterías, etc.). Son necesarios también estudios para caracterizar la variabilidad climática existente y para explorar la capacidad de establecer pronósticos climáticos estacionales (por ej. basados en El Niño/Oscilación Sur – ENSO). Finalmente, un sistema de seguros requiere de un sistema adecuado de monitoreo de las

condiciones climáticas (lluvias, heladas, temperaturas, etc.) y de la vegetación (por ej. con imágenes satelitales estimando índices de vegetación como el NDVI, gNDVI, eNDVI, etc.).

Cabe señalar que este tipo de análisis, así como la implementación de un sistema de seguros agropecuarios, debería ser llevado a cabo aprovechando los avances del Sistema de Información y Soporte para la Toma de Decisiones (SISTD) que IFDC, la unidad GRAS del INIA y la Dirección de Recursos Naturales Renovables (RENARE) del MGAP están desarrollando en Uruguay desde 1999.

En efecto, el IFDC, la unidad GRAS del INIA y la RENARE han venido trabajando en forma conjunta con el INTA (Argentina) y la NASA (EEUU) para desarrollar un sistema basado en imágenes satelitales, Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Modelos de Simulación. Mediante este SISTD es posible determinar el uso actual del suelo a nivel predial, determinando por ejemplo el área bajo determinados cultivos así como también efectuar predicciones de producción de los mismos.

El sensoramiento remoto (a través de satélites) integrado a un SIG y modelos de simulación, contribuye de manera muy importante a la obtención, integración y manejo de información en forma objetiva, precisa y dinámica. Las técnicas de sensoramiento remoto desarrolladas en el transcurso de los últimos 40 años permiten monitorear el estado de los cultivos además de características del suelo y la topografía. Los cultivos en buen estado, con buen desarrollo vegetativo y cobertura vegetal, presentan tonos en la imagen fotográfica distintos que aquellos en estado de *stress*, debido a la ocurrencia de heladas o granizo, falta de humedad o ataques de plagas.

En los últimos años, se ha desarrollado la utilización de información satelital a fines de determinar no sólo el estado de los cultivos sino también para tratar de predecir la producción de los mismos. Actualmente, una imagen satelital puede ser desplegada en una computadora con la posición exacta de donde fue tomada, aumentando así la precisión de localización de la información obtenida en relación a los sistemas de información geográfica. De esta forma, la información terrestre puede colectarse con mayor exactitud posicional para luego ser correlacionada con las imágenes provenientes del sensoramiento remoto.

Por otro lado, existen instrumentos de sensoramiento remoto utilizados en el SISTD de IFDC/INIA que permiten determinar temperaturas a nivel del terreno (detectando por ejemplo heladas), identificar condiciones con alta probabilidad de existencia de granizo y estimar lluvias a través de las temperaturas de nubes.

Todo este tipo de información incluida en el SISTD de IFDC/INIA será de enorme utilidad en un sistema establecido de seguros agropecuarios, especialmente en lo que se refiere al monitoreo de condiciones climáticas adversas o extremas, identificación de cultivos con daños importantes causados por fenómenos climáticos y estimación de pérdidas de rendimiento..

Por lo tanto una recomendación para una siguiente fase de estudio, consiste en asegurar una buena coordinación entre los responsables del SISTD de IFDC/INIA y con la RENARE para desarrollar en forma conjunta un sistema de información con herramientas de análisis y monitoreo especialmente orientados al sistema de seguros agropecuarios.

El establecimiento de un sistema de información como el descrito presenta importantes impactos adicionales (“spillovers”) para el sector agropecuario. En primer lugar ofrece a los productores agropecuarios un tipo de información fundamental para evaluar riesgos productivos y así mejorar la toma de decisiones y la planificación general de sus actividades. Asimismo, el sistema ayuda a mejorar la gestión de los recursos naturales de la región ya que permite evaluar los impactos ambientales de las actividades productivas y tipos de tecnologías en diferentes zonas. Finalmente, contribuye a mejorar el diseño y la implementación de políticas tendientes a mejorar la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agropecuaria.