

# **Evaluación y elaboración de propuestas de ajuste al Seguro Catastrófico en el Perú**

## **Productos 1, 2 y 3**

Carlos De Los Ríos

University of California, Davis  
Febrero, 2015

Documento entregado al:

Proyecto Clima, Agro y Transferencia del Riesgo (CAT-BMUB/GIZ) de la GIZ

## Contenido

1. Introducción .....	4
2. Objetivos del estudio .....	5
3. Evaluación de las primas de riesgo .....	6
Las primas del Seguro Agrícola Catastrófico.....	7
Metodología utilizada para el cálculo de las primas puras de riesgo.....	8
Información.....	9
<u>Información necesaria</u> .....	10
<u>Información disponible</u> .....	11
Determinación de la Prima Pura de Riesgo (PPR) .....	17
<u>Análisis “Burn Rate”</u> .....	18
<u>Análisis Paramétrico</u> .....	23
4. Evaluación de daños .....	25
Metodología de ajuste .....	26
<u>Proceso de ajuste</u> .....	26
<u>Comentarios críticos al mecanismo de ajuste</u> .....	28
Evaluación de la metodología de ajuste .....	29
<u>Estimación de la relación entre el rendimiento promedio y la varianza</u> .....	29
<u>Estimación del tamaño óptimo de muestra</u> .....	32
Comparabilidad de fuentes de información.....	38
5. Sensibilización de la tasa de siniestralidad .....	43
6. Conclusiones generales del SAC.....	47
7. Factibilidad de desarrollar un seguro indexado a variables climáticas .....	50
Disponibilidad de información.....	51
El caso de la papa en Huánuco .....	52
<u>Jacas Chico</u> .....	53
<u>Huánuco y Amarilis</u> .....	55
<u>San Rafael</u> .....	59
El caso de la café en Junín .....	63
El caso del mango en Piura.....	66

El caso del Maíz Amiláceo en Cusco .....	68
<u>Zurite</u> .....	69
<u>Sicuani</u> .....	71
Notas sobre correlaciones y la factibilidad de desarrollar un seguro climático indexado	74
8. Conclusiones y Recomendaciones .....	76
Anexo 1: Comparabilidad ENAPROVE y MINAGRI en la Costa Peruana .....	78
Anexo 2: Desestacionalización de series históricas de rendimiento.....	85
Anexo 3: Estimación paramétrica de la distribución teórica de rendimientos.....	87
Anexo 4: Prima pura de riesgo .....	90
Anexo 5: Estaciones meteorológicas .....	93

## 1. Introducción

En Diciembre del 2007 entró en vigencia la Ley 29148 que determina los criterios operativos para la implementación y funcionamiento del Fondo de Garantía para el Campo y del Seguro Agrario (FOGASA), que tiene como uno de sus objetivos fundamentales financiar mecanismos de aseguramiento agropecuario ofrecidos a través del sistema de seguros, destinados a reducir la exposición de los productores agropecuarios a riesgos climáticos y a la presencia de plagas que afecten su producción y rentabilidad<sup>1</sup>. Este documento sienta las bases legales sobre las cuales se desarrolla el seguro agrario.

Posteriormente, en Agosto del 2008 el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) aprobó las condiciones generales del seguro agrario (RM 0720-2008-AG) y en Septiembre de ese mismo año, aprobó el reglamento operativo del fideicomiso del seguro agropecuario (DS 019-2008-AG). Estos documentos delimitan las condiciones específicas de funcionamiento del seguro agrario.

El MINAGRI formuló e implementó el Seguro Agrícola Catastrófico (SAC) sobre la base de una consultoría desarrollada por la empresa mexicana LatinRisk (2008), con el objetivo de reducir el impacto de los daños derivados de acontecimientos catastróficos principalmente en las poblaciones más vulnerables<sup>2</sup>. Así, el Seguro Agrícola Catastrófico (SAC) se ha mantenido vigente desde su concepción y ya lleva cinco campañas funcionando (2009/2010 – 2013/2014) y una en pleno desarrollo (2014/2015), llegando a pagar (hasta la campaña 2012/2013) indemnizaciones por poco más de 54 millones de soles a miles de

---

<sup>1</sup> Tomado de la presentación del entonces Director de Capitalización y Seguro Agrario, Gustavo Torrejón, desarrollada en el marco del Taller Internacional “Desarrollo de mercados de seguros asociados a fenómenos climáticos” que tuvo lugar en Lima, Perú en Julio del 2013.  
[http://seguros.riesgoycambioclimatico.org/Taller\\_Internacional2013/presentacionesd2/Gustavo-Torrejón.pdf](http://seguros.riesgoycambioclimatico.org/Taller_Internacional2013/presentacionesd2/Gustavo-Torrejón.pdf)

<sup>2</sup> “... es un esquema de protección agrícola que permite hacer frente a daños derivados de acontecimientos catastróficos, principalmente en los estratos de productores de escasos recursos...” Boletín del Seguro Agrario Catastrófico (Abril, 2011)

agricultores de muy bajos recursos (aproximadamente 40% del valor de las primas pagado a las aseguradoras).

A lo largo de estos años, el MINAGRI, ha venido implementando un conjunto de cambios que han mejorado significativamente los procesos operativos y administrativos del SAC, con el apoyo de la GIZ. Si bien este proceso ha permitido desarrollar un sistema de gestión de riesgos en la agricultura, hay un conjunto de aspectos técnicos que limitan su funcionamiento de manera efectiva y que ponen en peligro lo avanzado hasta el momento. En tal sentido, el MINAGRI solicitó el apoyo de la GIZ a través del Proyecto Clima, Agro y Transferencia del Riesgo (CAT-BMUB/GIZ), desarrollar un estudio que permita evaluar un conjunto de aspectos técnicos del Seguro Agrícola Catastrófico en relación a su desarrollo y evolución, con el objetivo de que sus resultados permitan mejorar el funcionamiento del SAC y generar espacios para fortalecer y expandir el mercado de seguros indexados agrícolas en el Perú.

## 2. Objetivos del estudio

El Seguro Agrícola Catastrófico (SAC), como su nombre lo indica, fue creado para atenuar los impactos adversos de eventos catastróficos en los pequeños agricultores, quienes son principalmente los más afectados y con menor capacidad de respuesta ante este tipo de eventos. Así, el SAC considera la presencia de un daño catastrófico cuando el rendimiento promedio de un cultivo en una zona determinada (generalmente sector estadístico o en su defecto el distrito) cae por debajo del 40% de su rendimiento histórico promedio. Cuando la Agencia Agraria es informada de un daño catastrófico producto de un riesgo asegurable, informa a la compañía de seguros quien designa un perito ajustador que se encargará de estimar el rendimiento promedio del cultivo en el área asegurada y contrastarlo con el rendimiento asegurado (40% del rendimiento histórico promedio). En caso se encuentre que el rendimiento estimado es menor o igual al rendimiento promedio histórico (daño catastrófico), se indemniza a los productores que hayan sembrado dicho cultivo en base a un padrón de beneficiarios que es recogido por los representantes de las áreas afectadas y el Agente Agrario.

En el diseño de este instrumento hay dos grandes temas que requieren un mayor análisis. Por un lado, está la tasa de la prima pura de riesgo (precio del seguro), de la que no se conocen los elementos teóricos que la determinan, lo que dificulta las negociaciones tanto con el Ministerio de Economía y Finanzas para la disponibilidad de recursos (cuestionamientos sobre el producto), como con el sistema privado de seguros, para negociaciones por mejores condiciones de aseguramiento.

Por otro lado está la poca precisión del mecanismo de ajuste y su incompatibilidad con la información utilizada para la determinación de los disparadores del seguro. Esto permite que el pago de indemnizaciones no corresponda necesariamente a la presencia de

eventos catastróficos, debido a que el mecanismo de ajuste contrasta dos cifras incomparables técnicamente. Mientras el rendimiento asegurado se estima a partir de cifras obtenidas a través del sistema de informantes calificados del MINAGRI, que tiene varias limitaciones técnicas; el rendimiento obtenido por los ajustadores, y que es utilizado para verificar el daño, está basado en un muestreo de 11 puntos, que sugiere un alto margen de error<sup>3</sup>. Estas distorsiones permiten que el pago de indemnizaciones no necesariamente dependa de la presencia de un daño catastrófico, sino de los errores de estimación en la determinación de daños. No obstante, es importante mencionar que para que un ajustador haga presencia en la zona siniestrada, es necesario que se haya registrado un evento asegurable en la zona y que la población haya hecho de conocimiento de las autoridades locales de la presencia de daños, es decir en todas las zonas donde se han hecho ajustes han habido señales de la presencia de eventos adversos. Lo que no conocemos es la magnitud de los daños ocasionados por estos eventos, debido a los errores en la estimación de los rendimientos.

Es base a estas preocupaciones técnicas que el presente estudio tiene por objetivo general evaluar y desarrollar propuestas de mejora al Seguro Agrícola Catastrófico (SAC) sobre dos elementos centrales: (i) Mejorar las condiciones técnicas del SAC; y (ii) Indagar por esquemas alternativos de aseguramiento. Para tales fines, los objetivos específicos acordados son los siguientes:

- Evaluación de las primas de riesgo: Realizar un análisis con el objetivo de evaluar el valor de las primas en función a la tasa pura de riesgo, para así determinar el precio teórico del seguro catastrófico.
- Evaluación del método de ajuste: Analizar la precisión de la metodología de once puntos para estimar el rendimiento promedio.
- Evaluación de la idoneidad y factibilidad de desarrollar un seguro agrícola indexado a variables climáticas.

### **3. Evaluación de las primas de riesgo**

En este capítulo nos concentraremos en el análisis de la prima pura de riesgo, para lo cual realizaremos un estudio que nos permitirá estimar las primas puras de riesgo utilizando la información disponible proporcionada por el MINAGRI. Para empezar presentaremos las primas vigentes y discutiremos brevemente la diferencia teórica entre las primas comerciales y la prima pura de riesgo. Seguidamente, presentaremos dos metodologías alternativas para calcular la prima pura de riesgo que serán presentadas en la siguiente sección. A continuación, discutiremos brevemente aspectos relacionados a la

---

<sup>3</sup> Este mecanismo será evaluado en el Capítulo 4 del presente documento.

información utilizada; para finalmente, presentar el resultado del estudio y algunas simulaciones que nos permitirán tener una visión más clara de la prima pura de riesgo y su relación con la tasa de siniestralidad.

## Las primas del Seguro Agrícola Catastrófico

El Seguro Agrícola Catastrófico (SAC) inició sus operaciones formales asegurando la campaña agrícola 2009/2010, con una inversión después de impuestos de S/. 33 millones en primas de riesgo<sup>4</sup>, que aseguraban alrededor de 487 mil hectáreas hasta por un total de aproximadamente S/. 220 millones. La tasa de prima cobrada por las aseguradoras es el cociente entre el monto neto de primas pagadas y la suma asegurada. En la tabla siguiente presentamos la evolución de las primas de riesgo durante la vigencia del SAC.

**Tabla 1: Contratos y tasas de prima de mercado**

Campaña	Área asegurada	Suma asegurada	Prima bruto (incluye IGV)	Prima Neta	Tasa de prima
2013/2014	29,943	81,468,892	10,000,001	5,423,730	14.01%
2012/2013	14,191	39,568,556	9,600,000	3,559,322	14.01%
2011/2012	49,381	41,407,912	10,000,000	3,898,305	14.02%
2010/2011	42,210	38,387,122	10,000,000	3,613,445	14.11%
2009/2010	87,243	19,930,900	9,447,694	3,149,323	15.09%
<b>Promedio</b>	<b>24,594</b>	<b>24,152,676</b>	<b>7,809,539</b>	<b>1,928,825</b>	<b>14.28%</b>

Fuente: MINAGRI  
Elaboración: Propia

Es importante diferenciar la tasa de prima comercial de la prima pura de riesgo. La prima pura de riesgo se define como aquella tasa que permite equiparar las primas recibidas con el valor esperado de los pagos de indemnizaciones. Por otro lado, la tasa de prima comercial se construye agregando al precio teórico del seguro (prima pura de riesgo) un recargo por gastos de administración, adquisición, compensación y redistribución de riesgos, más el beneficio comercial; así como otros gastos accesorios o fiscales (tributarios). Esto hace que la prima cobrada por las aseguradoras sea significativamente más alta que la prima pura de riesgo.

<sup>4</sup> Este monto incluye el pago del IGV. En el año 2009/2010, el IGV era de 19%, de allí que la prima neta recibida por las aseguradoras fue de poco más de S/. 33 millones.

## Metodología utilizada para el cálculo de las primas puras de riesgo

El concepto clave con que trabajaremos para desarrollar este primer objetivo es el valor esperado de la tasa de siniestralidad. La tasa de siniestralidad ( $TS$ ) es el ratio del valor de las indemnizaciones pagadas sobre el valor de primas recibidas por la aseguradora. El valor *esperado* de la tasa de siniestralidad,  $E(TS)$  se puede calcular de la siguiente manera:

$$E(TS) = \frac{E(\text{Indemnizaciones})}{\text{Primas}} = \frac{(\text{Tasa Pura Riesgo}) * (\text{Indemnizaciones})}{\text{Primas}} \quad (1)$$

El numerador es el valor esperado (promedio) que el asegurador tiene que pagar en indemnizaciones, que es igual a la tasa pura de riesgo (probabilidad que ocurra el siniestro asegurado), multiplicado por el valor de la indemnización.

En la práctica, para determinar la prima, el asegurador fija un valor esperado máximo de la tasa esperada de siniestralidad. Por ejemplo, si se fija la tasa máxima de siniestralidad en 0.5, entonces tiene que establecer una prima para que – en promedio (en el largo plazo) – las primas recibidas sean el doble de las indemnizaciones pagadas. Si la tasa esperada de siniestralidad es igual a uno, entonces decimos que el seguro es actuarialmente justo (*actuarially fair*). En este caso, el ingreso esperado del agricultor es igual con o sin el seguro porque, en promedio, recibe un pago de indemnización exactamente igual al valor que pagó de prima. Desde el punto de vista del agricultor, cuanto menor sea la tasa esperada de siniestralidad, menos “justo” le parece la póliza porque la prima que paga es mayor al valor esperado de la indemnización que recibe.

Por otro lado, para que el asegurador esté dispuesto a ofrecer el seguro, el valor esperado de la tasa de siniestralidad debe ser estrictamente menor que uno. Esto se debe a dos factores. Primero, el asegurador además de las indemnizaciones que debe pagar, incurre una serie de costos adicionales que incluyen: los costos administrativos de crear y ejecutar el seguro, el costo del re-aseguro, la magnitud de los impuestos y la existencia y magnitud de una prima por el nivel de incertidumbre asociada con la calidad de los datos con los cuales se calcula la tasa pura de riesgo. Este último factor, la incertidumbre asociada a los datos, es un tema importante que tocaremos en el análisis. Segundo, el valor esperado de las utilidades del asegurador están inversamente relacionadas al valor esperado de la tasa de siniestralidad.

El elemento central para desarrollar este objetivo, será el trabajo estadístico para estimar la tasa pura de riesgo, que representa el componente más importante de la prima. Según la ecuación 1, necesitamos tres parámetros para estimar el valor esperado de la tasa de siniestralidad: el costo de la prima, el valor de la indemnización en caso de haber



siniestro; y la tasa pura de riesgo. Los primeros dos parámetros son de fácil conseguir; simplemente necesitamos conocer los detalles de los contratos por zona y por cultivo. El tercero, requiere de un análisis estadístico que nos permita estimar este valor. Para tales fines, emplearemos dos metodologías distintas:

- **“Burn Rate” Histórico:** En esta metodología se usan los datos históricos del índice asociado al seguro indexado (en este caso rendimiento promedio) y se calcula el porcentaje de los años en los que el seguro hubiera pagado alguna indemnización. En este caso, se toma este porcentaje como la tasa pura de riesgo. Por ejemplo, supongamos que tenemos 20 años de datos de rendimiento promedio de los cuales el rendimiento promedio cayó por debajo de 40% del promedio histórico en 2 de los 20 años. Entonces la tasa pura de riesgo sería de 10% (2/20). La ventaja de este análisis es su simplicidad. La desventaja es que se calcula la probabilidad de siniestralidad futura basada solamente en los valores del pasado. Esta preocupación es más seria cuando tenemos series de datos cortas. Por ejemplo, si solamente tenemos 5 años de datos y el evento cubierto ocurre con una frecuencia de cada 20 años, es bien probable que no ocurriera ningún siniestro en los 5 años de datos históricos. Según el análisis “burn rate” asignaremos una tasa pura de riesgo de cero por ciento, lo que no refleja la tasa pura real. Este análisis es mucho más eficiente cuando se disponen de series históricas largas.
- **Estimación Paramétrica:** Para resolver el problema mencionado previamente (series de datos cortas), podemos usar los datos históricos disponibles para estimar los parámetros de la distribución teórica a la que pertenece la serie de datos de cada unidad de análisis (función de probabilidad del índice). Una vez estimados los parámetros, podemos calcular la tasa pura de riesgo como la probabilidad que el índice caiga por debajo del disparador. Dado que el rendimiento no toma valores negativos, podemos investigar varias distribuciones paramétricas que sean lo suficientemente flexibles como para capturar la distribución asociada a la información disponible.

## Información

En esta sección discutiremos brevemente algunos aspectos asociados a la información necesaria y la información disponible para realizar un estudio que nos permita conocer la prima pura de riesgo acorde a las características del Seguro Agrícola Catastrófico. Paralelamente presentaremos los problemas asociados a la naturaleza de la información disponible para poner en perspectiva los alcances y limitaciones de este estudio.

### Información necesaria

Los contratos de aseguramiento del Seguro Agrícola Catastrófico (SAC) suscritos con las compañías de seguros determinan, entre otras cosas, las zonas geográficas, los cultivos y las áreas asegurables. Es decir, en los contratos se especifica un número de hectáreas asegurables para cada unidad (ámbito-cultivo). Es a nivel de esta unidad de análisis que se realiza la evaluación de daños. En tal sentido, la información necesaria para desarrollar un estudio que determine la prima pura de riesgo de cada unidad asegurable, consiste en una serie relativamente larga (por lo menos 30 años) de información de rendimientos promedio para cada unidad de análisis (ámbito-cultivo).

Durante la vigencia del SAC (2009/2010 – 2014/2015) estas unidades han ido variando significativamente. En el primer año de operaciones del Seguro Agrícola Catastrófico se suscribieron contratos entre las compañías aseguradoras y el FOGASA, en los que la unidad de análisis fue distrito-cultivo identificando para cada una de ellas el rendimiento asegurable (40% del rendimiento histórico). En esta campaña, con el objetivo de lograr una mayor precisión en la estimación, la compañía de seguros La Positiva decidió realizar el ajuste o la verificación en campo de los daños a nivel de Unidad Primaria de Muestreo (UPM), denominación geográfica circunscrita a un distrito que fue creada por el MINAGRI en el marco de la Encuesta Nacional de Producción y Ventas (2002 – 2006), con el objetivo de dividir a un distrito en unidades estadísticamente similares tomando como referencia un conjunto de imágenes satelitales. Por su parte, la compañía aseguradora MAPFRE suscribió los contratos a nivel de distrito e hizo la verificación de daños a nivel de distrito-cultivo.

A partir de la siguiente campaña (2010/2011), se uniformizó el criterio de la zona geográfica de referencia a nivel de Sector Estadístico (SE), unidad definida por el MINAGRI para el recojo de información sectorial de producción, que se encuentra circunscrita a un distrito<sup>5</sup>. En los casos en que no se cuenta con información a nivel de SE para definir el rendimiento asegurable, se utiliza el rendimiento promedio a nivel de distrito, no obstante la verificación de daños se realiza a nivel de SE. Es así que la información necesaria para hacer un estudio que nos permita identificar la prima pura de riesgo del SAC, requiere de un serie histórica de por lo menos 30 años de información del rendimiento de cada unidad SE-cultivo.

En la tabla siguiente presentamos un resumen del número de unidades de análisis investigadas en este estudio. Como se puede apreciar, si bien los contratos se suscriben a nivel regional, durante los cuatro años que comprenden esta investigación, se han registrado alrededor de 28 mil unidades de análisis (SE-cultivo) que representan en promedio alrededor del 97% del área total asegurada.

---

<sup>5</sup> Esta información ha sido obtenida por la ex Dirección de Capitalización y Seguro Agrario, a través de los Gobiernos Regionales. Los Sectores Estadísticos (SE) son sub-divisiones geográficas de un distrito utilizadas por el MINAGRI para el levantamiento de información estadística de producción. La información a nivel de SEA es utilizada por la OEEE, para construir información a nivel de distrito, luego de un proceso de consistencia y ajuste de la información. No es considerada información oficial por el MINAGRI.

**Tabla 2: Número de unidades de análisis promedio**

Departamento	2010	2011	2012	2013	Total
Apurímac	107	156	1024	1034	1621
Ayacucho	27	622	603	603	1215
Cajamarca	37	42	1022	1030	1231
Cusco	76	195	185	105	1961
Huancavelica	20	245	395	399	1759
Huanuco	99	43	44	46	1132
Pasco		18	19	27	64
Puno	37	151	640	650	1578
<b>Observaciones</b>	<b>503</b>	<b>972</b>	<b>932</b>	<b>454</b>	<b>7861</b>
<b>Área representada</b>	<b>41,592</b>	<b>430,419</b>	<b>448,398</b>	<b>414,936</b>	<b>1,735,345</b>
<b>% Área asegurada</b>	<b>90.6%</b>	<b>97.3%</b>	<b>99.8%</b>	<b>100.0%</b>	<b>96.7%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Nota: En esta tabla se consideraron únicamente los cultivos: Arveja Grano Seco, Arveja Grano Verde, Avena Forrajera, Cacao, Café, Cebada Grano, Frijol Grano Seco, Haba Grano Seco, Maíz Amiláceo, Papa, Plátano, Quinua y Trigo. La menor representación del área asegurada en el 2010, se debe a que en esa campaña se aseguraron un alto número de cultivos.

### Información disponible

En un escenario ideal, el estudio para el cálculo de la prima pura de riesgo requiere de una serie histórica anual de largo plazo (por lo menos 30 años) para cada unidad de análisis (SE-cultivo) con un alto nivel de confiabilidad. Sin embargo, el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) solamente dispone de una serie histórica relativamente corta (17 años para el período 1997 – 2013) de producción (cantidad cosechada) y área cosechada a nivel de distrito<sup>6</sup>.

Entre la información ideal y la información disponible hay una distancia que es necesario reconocer y tomar en consideración para el cálculo de la prima pura de riesgo. En tal sentido, podemos identificar y categorizar las limitaciones que esta diferencia nos genera en tres tipos de problema que detallaremos a continuación: (i) Calidad, (ii) Ámbito; y (iii) Referencia.

<sup>6</sup> La información proporcionada por el MINAGRI es a nivel de distrito, aunque no tiene el carácter de información oficial. Sin embargo, la suma de la información distrital (en provincia o departamento) es la información oficial del MINAGRI y que es utilizada por el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI) para el cálculo del Valor Agregado del Sector Agricultura.

## **Calidad**

La información disponible es recogida por los Gobiernos Regionales y consistenciada y presentada por la unidad de estadística del MINAGRI. Esta información se recoge a través del sistema de “informantes calificados”, que permite recoger información mensual de cada distrito en cada uno de los 120 cultivos en investigación. Bajo este sistema, cada distrito político se subdivide en unidades estadísticas menores (Sectores Estadísticos), para cada una de las cuales, la Dirección Regional de Agricultura designa entre uno y dos informantes calificados titulares y uno suplente, que son los encargados de “estimar” la información estadística con el Agente Agrario a partir de su “conocimiento” de la zona. Los informantes calificados son personas reconocidas y con un rol activo en la agricultura de la zona en cuestión; los informantes calificados son generalmente líderes de la comunidad, representantes de gremios, productores de amplia trayectoria, representantes de las juntas de usuarios de agua y riego, entre otros.

Si bien la metodología ha sido aplicada hace más de 50 años y ha sido susceptible de múltiples mejoras en su implementación (a través de la unificación de metodologías y el desarrollo de un conjunto de mecanismos de ajuste y verificación), ésta todavía adolece de un conjunto de problemas que limita la confiabilidad de la información. Entre los principales problemas encontramos: (1) los SE no están bien definidos dificultando la labor de los “informantes calificados”, (2) hay mucha heterogeneidad en el mecanismo de recolección, almacenamiento y procesamiento de la información, (3) la información tiene como base la información del III Censo Nacional Agropecuario (1993/1994) que está desactualizado; y (4) los “informantes calificados” no son remunerados y no cuentan con los medios necesarios para obtener información adecuada de los cultivos en investigación.

A pesar de que los problemas que mencionamos son importantes y nos pueden llevar a importantes sesgos en los cálculos de la prima pura de riesgo, es de esperar que la calidad de la información sea significativamente mejor para los principales cultivos en cada región, debido principalmente a que dicha información es más fácil de verificar y controlar por el Agente Agrario (AA) y la Dirección Regional de Agricultura (DRA). Lamentablemente no existe información que nos permita contrastar la calidad de la información del MINAGRI a nivel de distrito para las regiones involucradas en el Seguro Agrícola Catastrófico<sup>78</sup>.

---

<sup>7</sup> Durante los años 2002-2005 el MINAGRI a través de la ex Dirección General de Información Agraria, desarrolló la ENAPROVE en el marco de un plan de mejoramiento del Sistema Estadístico Agrario Nacional, que consiste en un conjunto de encuestas con un alto nivel de precisión estadística en 54 valles de la Costa Peruana, logrando entrevistar un conjunto representativo de productores en cada valle a lo largo de un período de entre tres y cuatro años. Esta información nos permite comparar los datos de la ENAPROVE con las cifras oficiales y entender la naturaleza del sesgo de la información oficial. Cabe resaltar que en el marco de este mismo plan, se desarrollaron un conjunto de encuestas en la sierra peruana pero solamente durante un año, lo que limita significativamente la comparabilidad de la información. Lamentablemente esta iniciativa fue

## Ámbito

El ámbito se refiere a la unidad de análisis. Como mencionamos previamente, mientras que la información necesaria para el cálculo de la prima pura de riesgo se refiere al ámbito SE-cultivo, la información disponible nos restringe al ámbito distrito-cultivo. Según la información proporcionada por La Positiva y el MINAGRI<sup>9</sup> sobre los contratos suscritos y el detalle de las unidades de aseguramiento, encontramos que en promedio hay entre tres y cuatro Sectores Estadísticos por distrito y que tan solo en el 6% de los casos estudiados<sup>10</sup> un distrito equivale a un solo SE<sup>11</sup>.

**Tabla 3: Número de Sectores Estadísticos por Distrito  
(Cifras promedio 2010/2011 – 2012/2013)**

Rango	Número	%
Un SE por distrito	27	6.3%
Entre 2 y 3 SE por distrito	1,125	55.8%
Entre 4 y 5 SE por distrito	20	25.8%
Más de 5 SE por distrito	45	12.1%
<b>Total</b>	<b>2,017</b>	<b>100%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Nota: Se consideraron únicamente aquellas observaciones en las que teníamos información tanto a nivel de serie histórica de datos (MINAGRI) como de la información de contratos.

Esta diferencia en el ámbito de referencia, nos genera dos limitaciones para este estudio: (i) diferencias entre las series históricas a nivel de SE y a nivel de distrito; y (ii) diferencias en el cálculo del disparador. Es importante mencionar que las cifras a nivel de SE no son oficiales y constituyen únicamente un insumo para la construcción de las cifras oficiales del MINAGRI. Por otro lado, todos los contratos a partir de la campaña 2010/2011, especifican que la unidad de análisis para la verificación de daños es el SE. Sin embargo, no siempre el rendimiento asegurado es calculado a nivel de SE, debido a la ausencia de

---

descontinuada y hasta el momento solamente ha habido algunos tímidos esfuerzos por retomar un sistema estadístico que ofrezca información confiable.

<sup>8</sup> En un ejercicio de comparabilidad entre las cifras oficiales y la ENAPROVE en la Costa Peruana (Anexo 1) encontramos que los datos son similares y que si bien es posible que existan diferencias de niveles, las tendencias se muestran similares.

<sup>9</sup> El MINAGRI nos facilitó información del detalle de los contratos firmados con MAPFRE para el período 2009/2010 – 2012/2013.

<sup>10</sup> En total hemos considerado 680 distritos intervenidos por el SAC.

<sup>11</sup> Durante la campaña 2009/2010 la unidad de aseguramiento no fue SE-cultivo, sino distrito-cultivo. En tal sentido, los datos han sido calculado sobre la base de los SE asegurados a partir de la campaña 2010/2011 hasta la campaña 2012/2013.

información histórica a nivel de SE en los Gobiernos Regionales (Direcciones Regionales Agrarias o Agencias Agrarias). En tal sentido, consideramos dos casos: (i) contratos basados en información histórica de rendimientos a nivel de distrito; y (ii) contratos basados en información histórica de rendimientos a nivel de SE.

Un primer elemento a considerar en términos del ámbito de trabajo es analizar la variabilidad del rendimiento asegurable (histórico promedio de los últimos cinco años) entre SE al interior de un distrito. Encontramos que en el 89% de las unidades de análisis la diferencia entre el valor mínimo y el valor máximo de rendimiento histórico es menor al 5% y que en tan solo el 5% de los casos la diferencia es mayor al 10%.

Cuando hacemos el análisis a nivel de departamento encontramos que son Ayacucho y Pasco las regiones donde se encuentra una menor diferencia (el 16% y el 12% de los casos respectivamente con diferencias mayores al 10%). Por otro lado, en término de cultivos, la quinua y la arveja grano seco son las que presentan una mayor diferencia (el 13% y 17% de los casos respectivamente tienen diferencias mayores al 10%). Cabe resaltar que estas cifras incluyen un 8% de casos en los que hay un solo SE en el distrito y alrededor de un 65% de casos en los que el rendimiento promedio se definió a nivel de distrito (por falta de información a nivel de SE). Estos datos nos permiten afirmar que no hay mucha variabilidad de rendimientos promedio históricos entre SE al interior de un distrito.

**Tabla 4: Variabilidad de rendimientos de SE al interior de un distrito**

Año	Diferencia porcentual entre el rendimiento más alto y el más bajo			Número de observaciones
	Menos de 5%	Entre 5% y 10%	Más de 10%	
2011	91.26%	6.20%	2.53%	1,934
2012	88.21%	6.32%	5.47%	2,357
2013	87.76%	6.66%	5.58%	2,328
<b>Promedio</b>	<b>88.94%</b>	<b>6.41%</b>	<b>4.65%</b>	<b>6,619</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Nota: Observaciones se refiere a número de unidades de análisis SE-cultivo

Dado que conocemos entonces que no hay mucha variabilidad entre SE, el siguiente paso es indagar sobre la distancia entre los datos de rendimiento promedio utilizados en los contratos con los que nos ofrece el MINAGRI a nivel de distrito. Encontramos que en más del 84% de los casos la información promedio a nivel de distrito no difiere en más de un 10% de la información promedio de los SE que la componen.

No obstante, encontramos importantes diferencias entre las regiones. Por un lado hay regiones como Cusco, Huancavelica y Ayacucho, donde el 95% de los casos (en promedio) muestran una diferencia entre el rendimiento promedio por SE y el rendimiento distrital menor al 10%. Por otro lado, hay casos como Cajamarca y Puno, donde un 33% de los casos (en promedio) muestra una diferencia mayor al 10%. De igual manera, cuando nos detenemos a observar los cultivos en los que encontramos una mayor diferencia encontramos que en más del 56% de los casos de avena forrajera hay una diferencia de rendimientos mayor al 10%.

**Tabla 5: Diferencia entre el rendimiento promedio a nivel de distrito y el rendimiento promedio de los SE**

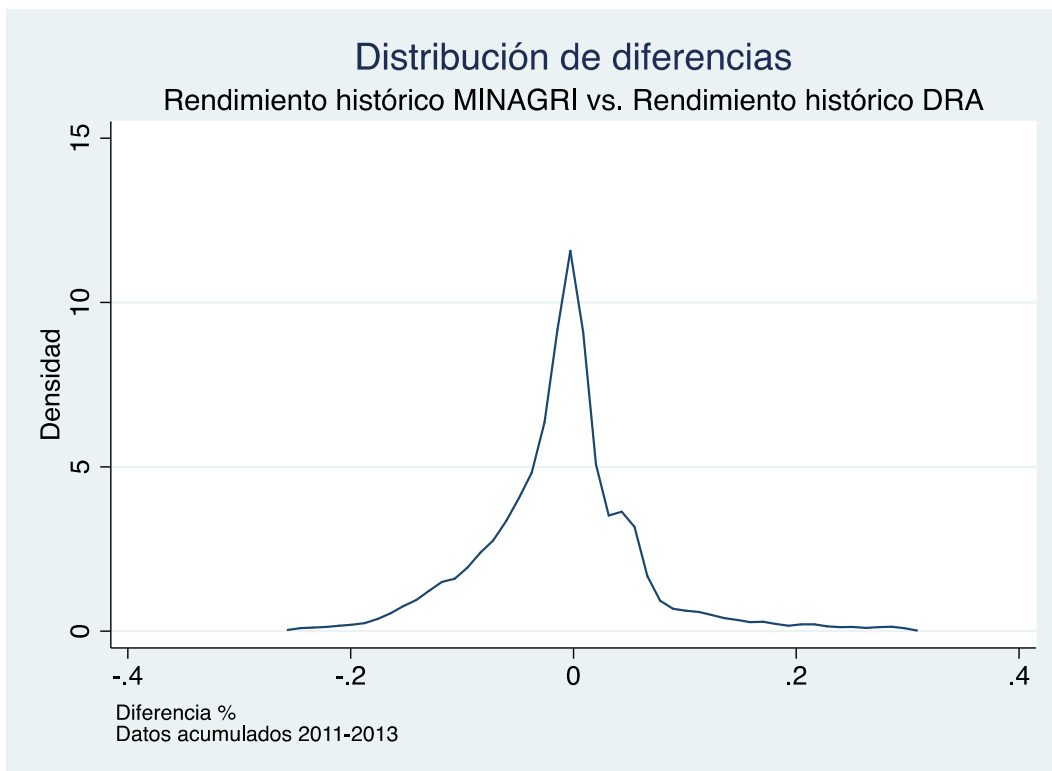
Año	Diferencia porcentual en valor absoluto			Número de observaciones
	Menos de 5%	Entre 5% y 10%	Más de 10%	
2011	60.50%	20.17%	19.34%	1,934
2012	69.75%	20.58%	9.67%	2,357
2013	61.08%	20.62%	18.30%	2,328
<b>Promedio</b>	<b>64.00%</b>	<b>20.47%</b>	<b>15.53%</b>	<b>6,619</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Por otro lado encontramos que las diferencias entre los datos a nivel de distrito y promedio de SE a nivel de distrito no exhiben ninguna señal de presentar sesgos específicos (sobreestimación o subestimación). Esto implica que no habrían diferencias significativas entre ambas mediciones cuando analizamos un grupo relativamente largo de distritos; es decir, en algunos casos habrá una ligera sobreestimación, en otros una ligera subestimación, pero en promedio, no habrán diferencias relevantes. El gráfico siguiente muestra la distribución de la diferencia porcentual de los rendimientos, donde se observa que la mayor parte de las diferencias se concentra alrededor del 0%.

**Gráfico 1: Comparación entre rendimientos (MINAGRI vs. DRA)**



Fuente: MINAGRI, La Positiva  
Elaboración: Propia

### **Referencia**

Finalmente, un tercer elemento que considerar en el uso de la información estadística histórica proporcionada por el MINAGRI es que el cálculo de rendimientos solamente se puede establecer sobre la superficie cosechada. En un escenario ideal, el rendimiento se calcula como el cociente entre el volumen total producido sobre el área total sembrada en una unidad de tiempo. Sin embargo, dada la metodología de recolección de información del MINAGRI, no es posible asignar mensualmente la producción a un área sembrada, es así que el rendimiento se calcula anualmente como el cociente entre el volumen total producido y el área total cosechada. En otras palabras, el dato de rendimientos al ser calculado sobre el área cosechada ignora la superficie perdida y por lo tanto tiende a sobre-estimar los datos de rendimientos en el caso de pérdidas de área de producción.



## Determinación de la Prima Pura de Riesgo (PPR)

En esta sección desarrollaremos las metodologías propuestas para el cálculo de la prima pura de riesgo considerando que se produce un daño catastrófico cuando el rendimiento promedio cae por debajo del 40% de su valor histórico (rendimiento asegurable). Como se mencionó previamente, utilizaremos la información proporcionada por el MINAGRI en la que disponemos de información de rendimientos anuales para cada uno de los cultivos en estudio a nivel de distrito. La Tabla 6 nos muestra las unidades de análisis que serán utilizadas para el cálculo de la prima pura de riesgo<sup>12</sup>.

**Tabla 6: Número de unidades de análisis distrito-cultivo**

Cultivo	AP	AY	CAJ	CUS	HCO	HVL	PAS	PUN	Total
ArvejaGranoSeco		89			56				145
ArvejaGranoVerde					34				34
AvenaForrajera								87	87
Cacao		5				9	4		18
Cafe		5					7		12
CebadaGrano		105			89			81	275
FrijolGranoSeco	26				25				51
HabaGranoSeco					81			77	158
MaizAmilaceo	79	106	112	76	81	58	8		520
Papa	80	106	99	95	91	60	17	95	643
Platano							7		7
Quinoa	59	96						76	231
Trigo	79	105	84						268
<b>Total</b>	<b>323</b>	<b>617</b>	<b>295</b>	<b>171</b>	<b>457</b>	<b>127</b>	<b>43</b>	<b>416</b>	<b>2449</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Nota: Las abreviaciones en las columnas corresponden a los departamentos en donde está vigente el SAC. AP: Apurímac; AY: Ayacucho; CAJ: Cajamarca; CUS: Cusco; HCO: Huánuco; HVL: Huancavelica; PAS: Pasco; PUN: Puno.

El cálculo de la prima pura de riesgo se realiza sobre la base de los datos de rendimiento desestacionalizados, lo que permite tomar en cuenta únicamente la variabilidad intrínseca a los rendimientos que podría estar directamente asociada a fenómenos climáticos<sup>13</sup>,

<sup>12</sup> Se excluyeron aquellas unidades de análisis con menos de 15 años de información.

<sup>13</sup> Quitar la tendencia nos permite eliminar los posibles efectos del cambio tecnológico en la serie histórica de rendimientos, dejándonos únicamente con la fuente de variación asociada al rendimiento en sí mismo..

excluyendo el efecto del cambio tecnológico (Ver Anexo 2 para más detalle de la metodología utilizada para desestacionalizar la serie de datos).

### Análisis “Burn Rate”

Esta metodología nos permite calcular la prima pura de riesgo (*PPR*) como el ratio entre el número de veces que el rendimiento cae por debajo del rendimiento asegurable (*v*); y el número de años en evaluación (*t*).

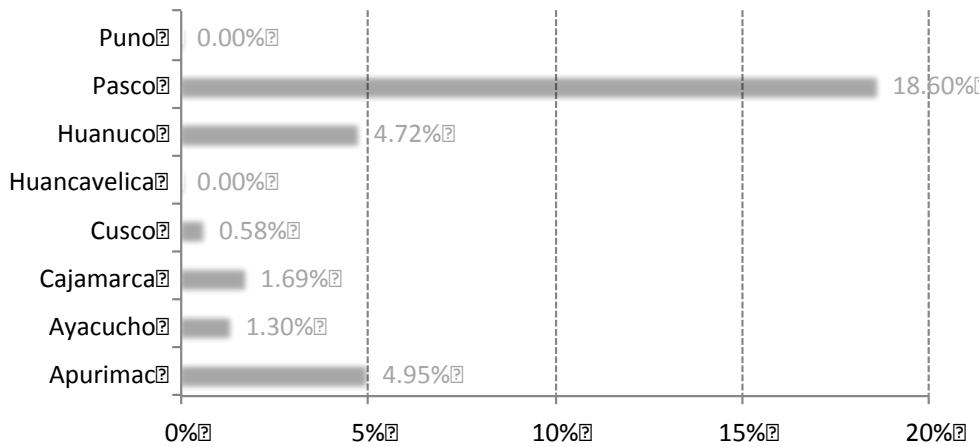
$$PPR = v / t$$

Como es de esperarse, la probabilidad de que ocurra un evento catastrófico (rendimiento por debajo del 40% del rendimiento histórico) es muy baja y uno esperaría que esto ocurra muy rara vez (por ejemplo con la presencia de un fenómeno del niño o de un evento climático extremo en una región en particular). Empezamos entonces esta sección presentando el número de distritos que hubieran recibido al menos una compensación durante el período 1997-2013. Esto nos va a dar una idea de la baja tasa de ocurrencia de estos eventos, que luego nos permitirá comprender mejor los cálculos estimados de la prima pura de riesgo.

Para en el período de análisis encontramos tan solo 44 unidades de análisis distrito-cultivo (de un total de 2449) en las que se hubiera tenido que pagar indemnizaciones. Es decir, el 1.8% de las unidades de análisis sufrió al menos un daño catastrófico (rendimiento por debajo del 40% del promedio histórico) en los 17 años que comprende nuestro análisis. Estas cifras son heterogéneas por región. Mientras que en Pasco el 18% de las unidades de análisis hubieran recibido al menos una indemnización, ni en Puno ni en Huancavelica se hubieran identificado casos catastróficos; es decir, no se hubieran pagado indemnizaciones.

### **Gráfico 2: Probabilidad de ocurrencia de un daño catastrófico (Unidad de análisis: distrito-cultivo)**

**Porcentaje de unidades de análisis afectadas por un daño catastrófico (1997-2013)**



En el caso del SAC, la definición de “daño catastrófico” está directamente relacionada al valor del disparador. Mientras más alto esté éste valor, más posible es que se presente un caso de pago de indemnizaciones. En la tabla siguiente podemos observar el cambio en el porcentaje de unidades de análisis que hubiesen sufrido daños catastróficos utilizando distintos valores para el disparador (entre 40% y 70% del rendimiento promedio histórico). Por ejemplo si daño catastrófico es cuando el rendimiento de una unidad de análisis cae por debajo del 70% del rendimiento promedio histórico, entonces el 23.9% de éstas unidades hubiera recibido al menos una vez una indemnización. Como mencionamos previamente, hay una gran heterogeneidad entre las regiones. Mientras que en Apurimac el 36.5% de las unidades de análisis se hubieran visto afectadas; en Pasco, en promedio, se hubieran indemnizado al 76.7% de las unidades de análisis (en el lapso de 17 años).

**Tabla 7: Porcentaje de unidades distrito-cultivo afectadas por región**

Departamento	Disparador (en términos de rendimiento promedio)			
	40%	50%	60%	70%
Apurímac	4.95%	7.43%	17.96%	36.53%
Ayacucho	1.30%	9.40%	18.96%	35.66%
Cajamarca	1.69%	2.37%	6.10%	16.27%
Cusco	0.58%	6.43%	16.37%	45.03%
Huancavelica	0.00%	0.00%	0.22%	0.88%
Huanuco	4.72%	11.81%	22.83%	41.73%
Pasco	18.60%	39.53%	58.14%	76.74%
Puno	0.00%	0.24%	1.92%	7.69%
<b>Total</b>	<b>1.80%</b>	<b>5.43%</b>	<b>11.60%</b>	<b>23.89%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

En la Tabla 7 podemos ver cuán sensible es el porcentaje de unidades de análisis afectadas al disparador, pero también nos permite entender la naturaleza de la definición de catastrófico. En el 23.9% de las unidades distrito-cultivo analizadas ha ocurrido un siniestro al menos una vez en diecisiete años; mientras que en el resto de las unidades de análisis no hubiera ocurrido ningún siniestro en ese mismo periodo. Esto que implica que en este grupo de 76.1% unidades de análisis la prima pura de riesgo sería de  $PPR = 0/17 = 0$ . Es decir, la prima pura de riesgo para un disparador del 40% es tentativamente muy baja.

A continuación presentaremos el análisis "Burn Rate" promedio ponderado para cada región y cada cultivo. Para calcular este promedio ponderado, hemos calculado el  $PPR$  para cada unidad de análisis y luego las hemos ponderado por la superficie cosechada promedio de los últimos cinco años. En la tabla siguiente mostramos los resultados de este cálculo. Encontramos que la  $PPR$  promedio nacional es de 0.07%. Las regiones con una mayor  $PPR$  son Pasco (0.29%) y Ayacucho (0.18%). Por su parte, Puno y Huánuco al no haber sufrido ningún daño catastrófico durante el período de análisis, tienen una  $PPR$  de cero. Por su parte, encontramos que el cultivo más riesgoso sería el Maíz Amiláceo con una  $PPR$  de 0.22%, le sigue el trigo (0.03%), la papa (0.03%) la cebada grano (0.02%), y la quinua (0.01%).

Las cifras de la  $PPR$  para un disparador equivalente al 40% del rendimiento promedio histórico aparentan ser extremadamente pequeñas; sin embargo, es importante considerar que bajo las condiciones actuales del seguro, tan solo 44 de las 2449 unidades de análisis había sufrido un daño catastrófico en los 17 años de análisis. Cuando comparamos para períodos similares (2011-2013) las cifras del MINAGRI y las del SAC, encontramos que mientras que utilizando únicamente las cifras del MINAGRI, se hubiera registrado al menos un pago en el 1.3% de los casos; en la práctica se pagaron en el

14.9%<sup>14</sup> de los casos asegurados. La razón principal de estas diferencias se debe a las discrepancias entre la metodología de cálculo del rendimiento asegurable y la metodología de cálculo para el ajuste de datos. Un detalle de estas diferencias será analizado posteriormente.

**Tabla 8: Prima pura de riesgo por departamento y cultivo**

Cultivo	AP	AY	CAJ	CUS	HCO	HVL	PAS	PUN	Total
ArvejaGranoSeco		0.00%			0.00%				0.00%
ArvejaGranoVerde					0.00%				0.00%
AvenaForrajera								0.00%	0.00%
Cacao		0.00%				0.00%	0.00%		0.00%
Cafe		0.00%					0.00%		0.00%
CebadaGrano		0.07%			0.00%			0.00%	0.02%
FrijolGranoSeco	0.00%				0.00%				0.00%
HabaGranoSeco					0.00%			0.00%	0.00%
MaizAmilaceo	0.08%	0.36%	0.16%	0.17%	0.00%	0.32%	7.92%		0.22%
Papa	0.03%	0.31%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%
Platano							0.00%		0.00%
Quinoa	0.16%	0.00%						0.00%	0.01%
Trigo	0.05%	0.12%	0.00%						0.03%
<b>Total</b>	<b>0.05%</b>	<b>0.18%</b>	<b>0.07%</b>	<b>0.07%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.09%</b>	<b>0.29%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.07%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Nota: Las abreviaciones en las columnas corresponden a los departamentos en donde está vigente el SAC. AP: Apurímac; AY: Ayacucho; CAJ: Cajamarca; CUS: Cusco; HCO: Huánuco; HVL: Huancavelica; PAS: Pasco; PUN: Puno.

Con el objetivo de sensibilizar el *PPR* promedio ponderado a la definición de daño catastrófico expresada en el disparador, presentamos las tablas siguientes. Encontramos por ejemplo que para un disparador de 60%<sup>15</sup>, la *PPR* promedio ponderada sería de 0.79%, mientras que con un disparador de 80% éste ascendería a un 5.63%. Es importante resaltar que estas cifras se han calculado sobre la base de los reclamos efectivamente realizados a las compañías de seguros por parte de las Agencias Agrarias y que han requerido de un ajuste en campo. Es posible que al aumentar el disparador se hubiera aumentado también el número de casos en los que se hubiera realizado el ajuste, lo que podría eventualmente alterar nuestras estimaciones. Sin embargo, los reclamos se suscitan siempre y cuando haya existido un fenómeno climático asegurable que ha causado daño al sector estadístico y al cultivo en cuestión. Este hecho minimiza la

<sup>14</sup> En el período 2011-2013, encontramos que en un total de 349 distritos-cultivo hubo al menos un siniestro (de un total de 2342 casos)

<sup>15</sup> Implica que el daño es considerado catastrófico cuando el rendimiento promedio cae por debajo del 60% de su valor histórico.

posibilidad de que haya habido un universo de casos asegurables mayor que el que existe hoy.

**Tabla 9A: Prima pura de riesgo por departamento con distintos disparadores**

Departamento	Disparador (en términos de rendimiento promedio)						
	40%	50%	60%	70%	80%	90%	=
Apurímac	0.05%	0.17%	0.57%	1.35%	7.69%	23.80%	54.48%
Ayacucho	0.18%	1.19%	2.00%	3.02%	6.55%	16.03%	47.67%
Cajamarca	0.07%	0.10%	0.28%	1.00%	4.95%	18.75%	54.17%
Cusco	0.07%	0.66%	1.46%	4.05%	10.44%	26.77%	51.92%
Huancavelica	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	1.17%	10.33%	51.04%
Huanuco	0.09%	0.37%	0.94%	2.31%	5.69%	16.18%	49.97%
Pasco	0.29%	1.14%	4.65%	5.57%	11.89%	21.30%	51.30%
Puno	0.00%	0.00%	0.09%	0.66%	4.20%	14.82%	50.82%
<b>Total</b>	<b>0.07%</b>	<b>0.32%</b>	<b>0.79%</b>	<b>1.67%</b>	<b>5.63%</b>	<b>17.47%</b>	<b>51.41%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

**Tabla 9B: Prima pura de riesgo por cultivo con distintos disparadores**

Departamento	Disparador (en términos de rendimiento promedio)						
	40%	50%	60%	70%	80%	90%	=
Arveja Grano Seco	0.00%	0.22%	1.02%	1.86%	4.10%	15.74%	43.96%
Arveja Grano Verde	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.30%	7.23%	54.07%
Avena Forrajera	0.00%	0.00%	0.09%	0.73%	4.28%	15.08%	49.14%
Cacao	0.00%	0.00%	0.00%	0.95%	2.05%	2.85%	51.92%
Cafe	0.00%	0.75%	3.56%	3.56%	4.87%	10.34%	52.31%
Cebada Grano	0.02%	0.28%	0.76%	1.07%	4.06%	15.59%	51.67%
Frijol Grano Seco	0.00%	0.00%	0.00%	0.23%	5.90%	20.72%	51.96%
Haba Grano Seco	0.00%	0.03%	0.16%	0.43%	3.10%	14.93%	47.60%
Maíz Amiláceo	0.22%	0.55%	1.14%	2.43%	6.97%	20.20%	50.35%
Papa	0.03%	0.38%	0.64%	1.72%	5.86%	17.80%	51.85%
Platano	0.00%	0.00%	6.82%	6.98%	10.32%	16.84%	52.26%
Quinua	0.01%	0.05%	0.24%	0.47%	4.75%	17.63%	53.34%
Trigo	0.03%	0.21%	0.50%	1.46%	6.33%	19.61%	54.93%
<b>Total</b>	<b>0.07%</b>	<b>0.32%</b>	<b>0.79%</b>	<b>1.67%</b>	<b>5.63%</b>	<b>17.47%</b>	<b>51.41%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

### Análisis Paramétrico

Como mencionamos previamente, el cálculo basado en el análisis “burn rate” tiene limitaciones cuando la serie histórica de rendimientos no es muy larga. En el caso de la información disponible, la serie histórica tiene tan solo 17 años, por lo que es necesario desarrollar mecanismos alternativos que nos permitan utilizar más información para desarrollar el estudio de estimación de las primas puras de riesgo. Una alternativa es identificar la distribución teórica a la que pertenecen los datos (serie histórica) de cada unidad de análisis y simular una serie histórica larga tomando datos aleatorios de la distribución teórica. Para los fines de este estudio asumimos que la distribución de los datos de cada unidad de análisis corresponden a una distribución Gamma, no obstante con distintos parámetros de forma y escala, que determinan las características específicas a cada unidad de análisis.

Para la estimación de los parámetros asociados a cada unidad de análisis (distrito-cultivo), desarrollamos dos alternativas. La primera consiste en estimar los parámetros asociados a cada unidad de manera independiente. La segunda opción consiste en agrupar los datos de rendimiento de un cultivo en una provincia, con el objetivo de tener más datos, al costo de asumir que el comportamiento del rendimiento por distrito está relacionado a nivel de provincia. Específicamente se estiman los parámetros pero como una función del rendimiento distrital, de tal manera que hay una condición general para todos los distritos de la provincia y una diferenciación en base al rendimiento promedio. Para un mayor detalle de las estimaciones ver Anexo 3.

Una vez que estimamos los parámetros de la distribución (para cualquiera de las dos opciones), simulamos 1000 años de datos tomando valores aleatorios de la distribución estimada. Luego procedemos a hacer el mismo análisis que en el caso del “burn rate”. Es decir, para estimar la prima pura de riesgo (*PPR*) estimamos la proporción de datos en los que el rendimiento cae por debajo del 40% del rendimiento promedio histórico.

La estimación de la prima pura de riesgo utilizando el análisis paramétrico, nos arrojó resultados muy similares a los encontrados con el análisis “burn rate”. La *PPR* promedio nacional para un disparador equivalente al 40% del rendimiento promedio, se ubica entre 0.02% y 0.03% dependiendo del método usado. Como podemos observar en Anexo 4, la probabilidad de que ocurra un daño catastrófico es muy remota, tanto a nivel de regiones, como a nivel de cultivos.

Al igual que en el caso del análisis “burn rate”, hicimos una simulación de cómo cambiaría la prima pura de riesgo cuando alteramos el disparador (definición de daño catastrófico). Los resultados son muy similares entre el análisis paramétrico y el análisis “burn rate”. En la tabla siguiente presentamos los resultados de esta simulación tanto a nivel de región como a nivel de producto<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Aquí solamente presentamos los datos de la estimación paramétrica independiente. Los resultados de la estimación condicionada a nivel de provincia son presentados en el Anexo 4.

**Tabla 10A: Prima pura de riesgo por departamento con distintos disparadores (análisis paramétrico con distribuciones independientes)**

Departamento	Disparador (en términos de rendimiento promedio)						
	40%	50%	60%	70%	80%	90%	=
Apurímac	0.02%	0.07%	0.38%	2.03%	8.32%	24.63%	51.28%
Ayacucho	0.05%	0.22%	0.81%	2.61%	7.46%	20.76%	50.53%
Cajamarca	0.06%	0.19%	0.56%	1.63%	5.30%	18.66%	51.10%
Cusco	0.06%	0.35%	1.29%	3.67%	10.31%	25.23%	49.81%
Huancavelica	0.00%	0.00%	0.00%	0.09%	1.08%	11.11%	51.02%
Huanuco	0.04%	0.15%	0.54%	1.71%	5.24%	18.05%	50.08%
Pasco	0.08%	0.30%	1.11%	3.47%	10.29%	22.55%	39.85%
Puno	0.00%	0.01%	0.07%	0.49%	2.91%	15.38%	50.82%
<b>Total</b>	<b>0.03%</b>	<b>0.13%</b>	<b>0.47%</b>	<b>1.57%</b>	<b>5.38%</b>	<b>18.43%</b>	<b>50.27%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

**Tabla 10B: Prima pura de riesgo por cultivo con distintos disparadores (análisis paramétrico con distribuciones independientes)**

Departamento	Disparador (en términos de rendimiento promedio)						
	40%	50%	60%	70%	80%	90%	=
Arveja Grano Seco	0.00%	0.01%	0.11%	0.84%	4.27%	18.15%	51.71%
Arveja Grano Verde	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.96%	11.77%	50.91%
Avena Forrajera	0.00%	0.00%	0.02%	0.36%	2.79%	15.39%	49.98%
Cacao	0.01%	0.02%	0.06%	0.13%	1.12%	11.72%	51.28%
Cafe	0.02%	0.12%	0.68%	2.44%	8.19%	21.69%	52.42%
Cebada Grano	0.00%	0.05%	0.28%	1.11%	4.18%	17.04%	51.47%
Frijol Grano Seco	0.00%	0.01%	0.08%	0.65%	4.93%	20.93%	51.58%
Haba Grano Seco	0.00%	0.00%	0.04%	0.32%	2.34%	15.38%	50.61%
Maíz Amiláceo	0.07%	0.27%	0.87%	2.48%	7.10%	21.05%	51.24%
Papa	0.02%	0.12%	0.47%	1.64%	5.52%	17.86%	49.80%
Platano	0.00%	0.00%	0.02%	0.09%	0.37%	1.98%	7.33%
Quinoa	0.02%	0.04%	0.14%	0.84%	4.20%	18.64%	51.67%
Trigo	0.05%	0.19%	0.59%	2.01%	7.13%	21.96%	51.75%
<b>Total</b>	<b>0.03%</b>	<b>0.13%</b>	<b>0.47%</b>	<b>1.57%</b>	<b>5.38%</b>	<b>18.43%</b>	<b>50.27%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia



A manera de conclusión de esta sección, es importante mencionar que hay una significativa e importante relación entre la *PPR* y la prima cobrada por una compañía de seguros. La *PPR* representa el costo teórico del producto y equipara en el largo plazo las ganancias y las pérdidas de la aseguradora asociadas exclusivamente al riesgo asumido. Generalmente las compañías de seguros agregan al precio teórico del seguro (*PPR*) un recargo por gastos de administración, adquisición, compensación y redistribución de riesgos, más el beneficio comercial; así como otros gastos accesorios o fiscales. Esto hace que la prima cobrada por las aseguradoras sea significativamente más alta que la *PPR*.

Por otro lado, era de esperarse que estas cifras sean muy bajas, en particular debido a que los daños catastróficos ocurren con muy poca regularidad (en particular para disparadores menores al 70% del rendimiento histórico). Estas cifras son sorprendentes porque sugieren que se estarían pagando primas extremadamente altas para proteger a los productores agrícolas de un daño catastrófico. Sin embargo, es importante considerar que durante el período 2009/2010 – 2012/2013, se han llegado a pagar indemnizaciones equivalentes al 40% del valor de las primas pagadas. Esta aparente inconsistencia entre un riesgo de daño catastrófico con poca probabilidad de ocurrencia y una relativamente alta tasa de siniestralidad, tiene como principal explicación la incompatibilidad entre la metodología de cálculo del rendimiento promedio histórico y la metodología de evaluación de daños. Estos argumentos serán explorados con mayor detalle en las siguientes secciones.

Por otro lado, es importante mencionar que existe una alta heterogeneidad en la prima pura de riesgo tanto entre cultivos como entre regiones. Si bien es posible desarrollar una *PPR* promedio ponderada a nivel nacional (o a nivel regional), se pueden desarrollar un conjunto de posibilidades de competencia entre aseguradoras sugiriendo primas diferenciadas por regiones o un paquete integral por todas las regiones aseguradas.

## 4. Evaluación de daños

En esta sección trataremos la metodología de evaluación de daños que se ha venido utilizando desde el inicio del programa y que es conocida como la “metodología de los once puntos”. En una primera sección presentaremos brevemente la metodología de ajuste. Seguidamente haremos un análisis de la información disponible que nos permitirá poner en perspectiva esta metodología y proponer algunas sugerencias para su mejora. Finalmente, presentaremos un análisis de la interacción entre la metodología de ajuste y la tasa de siniestralidad registrada en los primeros años de operación del SAC, que

compararemos con las primas puras de riesgo. Esto nos permitirá desarrollar algunas sugerencias para la mejora del sistema vigente de seguros agrícolas.

## Metodología de ajuste







Esta metodología consiste en identificar aleatoriamente once puntos muestrales adecuadamente distribuidos al interior del Sector Estadístico y realizar una evaluación de los daños en cada una de las parcelas elegidas. Seguidamente se promedian los datos al para obtener el rendimiento y determinar si el evento climático ha producido o no un daño catastrófico. Esta metodología<sup>17</sup> permite uniformizar criterios de evaluación de daños entre las compañías aseguradoras evitando discrepancias entre las partes involucradas. No obstante, como desarrollaremos más adelante, utilizar esta metodología de ajuste tiene dos limitaciones que pueden estar induciendo a la toma de decisiones sobre cifras estadísticamente frágiles e incompatibles: (1) el tamaño de muestra utilizado es muy limitado lo que sugiere que el margen de error es muy alto; y (2) esta metodología es incompatible con la utilizada por el MINAGRI para estimar el rendimiento promedio histórico (metodología de Informantes Calificados)

### Proceso de ajuste

Para seleccionar la muestra se realiza un proceso aleatorio basado en la información cartográfica disponible para cada Sector Estadístico (SE)<sup>18</sup>, que tiene por objetivo distribuir geográficamente los once puntos muestrales. Un primer paso es identificar la forma del SE y ubicar la base de la figura, que corresponde a la parte más ancha y determinar su longitud. Luego se procede a ubicar aleatoriamente cinco líneas perpendiculares sobre esta base. Estas líneas se identifican utilizando una tabla que para cada día del mes define cinco valores elegidos aleatoriamente que definen las distancias :

**Tabla 11: Tabla de números aleatorios**

Día del mes	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5
1					
2					
.					
11	0.09	0.29	0.49	0.66	0.88
.					
31					

					
Elegido según	Valor aleatorio	Valor aleatorio	Valor aleatorio	Valor aleatorio	Valor aleatorio

<sup>17</sup> El contenido de esta sección se ha obtenido de un documento de la Positiva “ppt\_sac metodología de ajuste\_22-01-13.pptx” proporcionado por la misma institución. Esta presentación tiene como base la metodología de ajuste utilizada en México por Agrosemex.

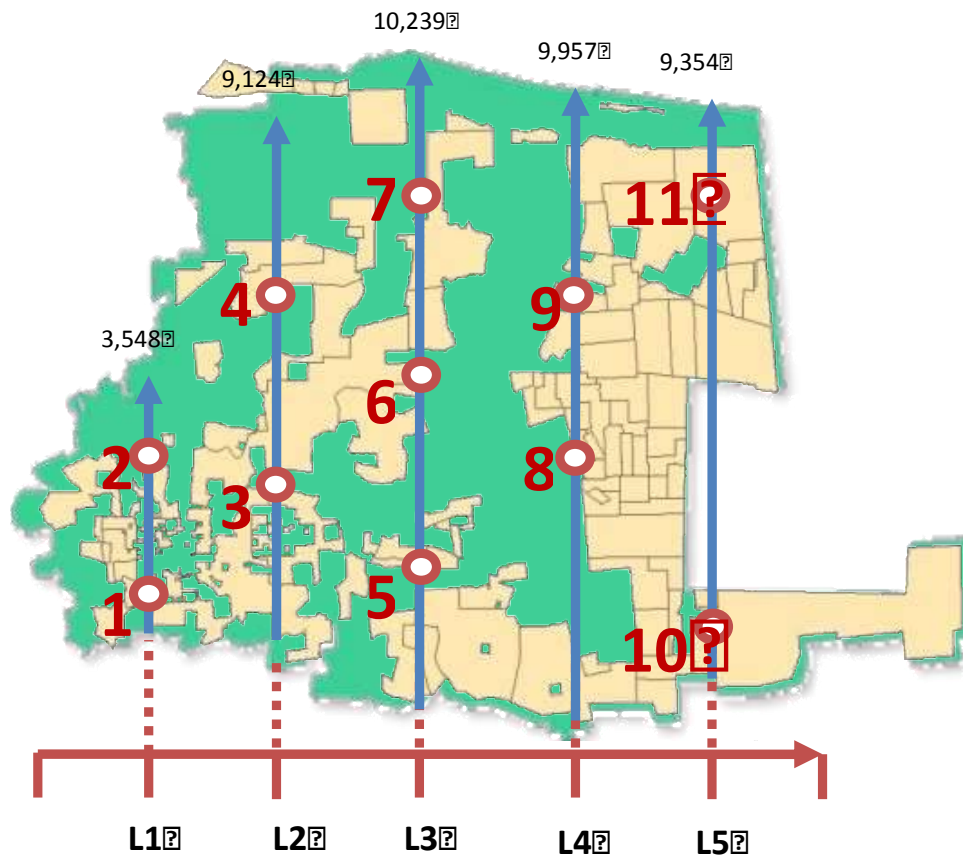
<sup>18</sup> Esta información de ser posible corresponde a información cartográfica digital oficial, con un plano parcelario y principales puntos de referencia (centros poblados, ríos, quebradas, entre otros).

corresponda	entre 0 – 0.2	entre 0.2 - 0.4	entre 0.4 – 0.6	entre 0.6 – 0.8	entre 0.8 - 1
-------------	------------------	--------------------	--------------------	--------------------	------------------

Fuente: La Positiva  
Elaboración: Propia

Estos valores aleatorios son multiplicados por la longitud total de la base y determinan la distancia (contada desde el extremo izquierdo hacia la derecha) en la cual se ubicarán las cinco líneas perpendiculares. Luego, en cada una de éstas líneas perpendiculares se identifican aleatoriamente dos puntos muestrales<sup>19</sup>, con excepción de la tercera línea, donde se ubican tres puntos muestrales.

**Gráfico 3: Ubicación de los puntos muestrales**



Fuente: La Positiva  
Elaboración: La Positiva

<sup>19</sup> Los puntos muestrales se determinan utilizando una tabla que contiene dos valores aleatorios para cada punto muestral que luego son multiplicados por la longitud de la línea. El promedio ponderado de estos valores determina la ubicación del punto muestral en cada línea perpendicular.

Una vez identificada la muestra en el mapa, se identifica su posición cartográfica y se determinan las coordenadas UTM para ubicar cada punto muestral en el mapa utilizando equipos GPS. Una vez que se identifica el punto muestral, se buscará la parcela más cercana que contenga el cultivo a evaluar que haya sido afectado por el siniestro motivo del reporte de siniestros. En cada parcela seleccionada, se toman entre tres y cinco muestras dependiendo del tamaño de la parcela y se obtiene el rendimiento en cada muestra evaluando el peso de la producción por unidad de área (rendimiento). Este rendimiento en cada muestra al interior de la parcela es luego promediado para obtener el rendimiento de la parcela (de un punto muestral). Finalmente se obtiene el rendimiento promedio ponderado de la unidad de análisis SE-cultivo que se compara con el rendimiento disparador (40% del rendimiento promedio histórico) estipulado en el contrato. Cuando el rendimiento promedio obtenido en el proceso de ajuste está por debajo del rendimiento disparador, entonces se procede a realizar la indemnización que es equivalente a la superficie asegurada.

### Comentarios críticos al mecanismo de ajuste

Como mencionamos previamente, hay dos severas limitaciones de este mecanismo de ajuste que afectan el desarrollo del SAC. Una primera limitación de esta metodología es que no se conoce el margen de error de la estimación del rendimiento promedio. Esta estimación de rendimiento promedio se realiza en once puntos muestrales, que sugieren un tamaño de muestra muy pequeño. En tal sentido, se debe considerar la necesidad de contar con información que nos permita conocer la varianza de rendimientos en una unidad de análisis, para determinar el tamaño de muestra asociado a un margen de error razonable (entre 3% y 5%) con un nivel de confianza del 95%. Por otro lado, es posible asumir que cuando ocurre un fenómeno catastrófico, los rendimientos se ven afectados de tal manera que el rendimiento de cada productor cae significativamente, permitiendo una mayor homogeneización de rendimientos, lo que facilita trabajar con una muestra muy pequeña para lograr obtener un datos de rendimiento promedio con un margen de error razonable.

La segunda limitación está relacionada con la comparabilidad de los resultados de este proceso de ajuste con los datos de rendimiento promedio histórico en los contratos de ajuste que provienen de información de los Gobiernos Regionales. Por un lado, los datos del rendimiento histórico se generan mensualmente a través del sistema de informantes calificados que producen información cualitativa que luego es procesada por la Agencia Agraria y luego la Dirección Regional de Agricultura, para finalmente producir datos anuales de rendimientos estimados como el ratio entre producción y superficie cosechada. Por otro lado, los datos obtenidos a través del proceso de verificación de daños nos ofrecen un rendimiento basado en una muestra de once puntos muestrales de los que no se conoce el margen de error.

## Evaluación de la metodología de ajuste

En esta sección utilizaremos la información disponible para justificar los comentarios críticos y proponer algunas alternativas de mejora de los mecanismos de ajuste de daños para el Seguro Agrícola Catastrófico.

La metodología de ajuste de once puntos no tiene un margen de error conocido; no obstante el hecho que sea una muestra muy pequeña (de once parcelas) sugiere que el margen de error es relativamente alto. Para conocer este margen de error, es necesario conocer primero la varianza de los rendimientos. A mayor varianza, mayor será el tamaño de muestra necesario para obtener estimados de rendimiento con márgenes de error aceptables<sup>20</sup>. Este será el principio sobre el cual desarrollaremos esta sección.

Una primera línea de análisis se basa en la hipótesis de que en el caso de la presencia de un evento catastrófico, tanto el rendimiento promedio como su varianza se reducen significativamente. En tal sentido, utilizando información secundaria, desarrollaremos un modelo que nos permita conocer si esta relación existe y cuál es su magnitud. Por otro lado, estimaremos el tamaño de muestra utilizando información secundaria que nos permita aproximarnos a la varianza de los rendimientos para cada unidad de análisis. Con toda esta información a la mano, podremos presentar algunos estimados gruesos del tamaño de muestra necesario para evaluar una catástrofe en una unidad de análisis y cuál es el margen de error en el que se incurre cuando se utilizan once puntos muestrales para el ajuste de los datos.

### Estimación de la relación entre el rendimiento promedio y la varianza

Para estimar esta relación debemos evaluar si la varianza se reduce significativamente en los años en los que ha habido un siniestro. Para tales fines utilizaremos un modelo simple de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG) sobre constantes (tiempo y distrito), en el que permitimos que la varianza varíe con el rendimiento promedio. La significancia estadística y la magnitud de esta última relación nos permitirá verificar la hipótesis. En tal sentido, podemos estimar para cada unidad de análisis un modelo de la forma:

$$y_{it} = a_0 + a_1 t + e_{it} \quad (1)$$

,donde  $y$  corresponde al rendimiento del individuo  $i$  en el año  $t$ , y  $e$  es el error de estimación que asumimos que cumple con el supuesto  $E(e_t) = 0$ . Esta ecuación nos permite estimar los errores, donde la varianza del error de estimación es equivalente a la varianza (gracias al supuesto). Para conocer la relación empírica entre el rendimiento

---

<sup>20</sup> Un margen de error adecuado oscila entre +/- 3% o +/- 5% con un nivel de confianza de 95%.

promedio y la varianza, estimamos un modelo de heteroskedasticidad multiplicativa (Harvey, 1976) de la forma:

$$\hat{\epsilon}_{it}^2 = \exp(b_0 + b_1 \bar{y}_t)$$

,donde  $\hat{\epsilon}_{it}^2$  representa el error estimado, e  $\bar{y}_t$  corresponde al rendimiento promedio del distrito para cada año. Si es que el coeficiente asociado al rendimiento promedio ( $b_1$ ) es estadísticamente significativo y positivo, entonces la hipótesis que cuando el rendimiento promedio cae, la varianza también cae significativamente, estaría tomando validez.

Para desarrollar este modelo utilizaremos la Encuesta Nacional de Programas Estratégicos (ENAPRES) para los años 2010-2012 en los que disponemos de información de rendimientos a nivel de cada muestra. Lamentablemente a nivel de distrito hay muy pocas observaciones para cada cultivo en cada año. De un total de 1148 unidades distrito-cultivo, tan solo identificamos 12 unidades que disponían de al menos 25 datos por año. No obstante, luego de aplicar el modelo a estas unidades de análisis, encontramos que en poco más de la mitad de los casos encontramos un modelo estadísticamente significativo en el que cuando el rendimiento bajaba a 40% de su valor promedio histórico, la desviación estándar (raíz de la varianza) se reducía a un promedio de 27% de su valor antes de la caída.

Por otro lado, utilizamos la ENAPROVE para analizar el caso del valle de Chancay en Lambayeque para los años 2002-2005; en particular en los distritos de Lambayeque y Mochumí, que sufrieron una fuerte sequía en el 2004. Utilizando el modelo descrito previamente, encontramos que cuando el rendimiento promedio baja a 40% de su valor histórico, la desviación estándar se reduce a un 29% de su valor antes de la caída, cifras similares a las encontradas en la ENAPRES. Este hallazgo nos sugiere que es posible reducir significativamente el tamaño de muestra necesario en algunos casos.

El problema de la falta de datos nos obliga a cambiar ligeramente el modelo para desarrollarlo a nivel regional, no obstante incluyendo algunas variables que nos permitan controlar por diferencias entre distritos. Es así que juntando la información de tres años para cada cultivo en una región en particular, tenemos

$$y_{idt} = a_0 + a_1 t + a_2 d + a_3 dt + e_{idt} \quad (1a)$$

,donde tenemos al mismo individuo  $i$ , que pertenece al distrito  $d \in R$ , en el tiempo  $t$ , expresado a través de una función que depende del año y del distrito al que pertenece

cada individuo. Por su parte,  $R$  representa la región a la que pertenece el distrito. La estimación de este modelo nos permitirá obtener los errores estándar o la desviación estándar de los rendimientos, que servirán luego estimar la relación empírica entre la varianza y el rendimiento promedio distrital  $\bar{y}_{dt}$ :

$$\hat{\epsilon}_{dt}^2 = \exp(b_0 + b_1 \bar{y}_{dt}) \quad (2a)$$

La tabla siguiente muestra el número de observaciones utilizadas, que luego nos permitirán generar estimados a nivel de  $b_1$  para cada región y cada cultivo.

**Tabla 12: Número de observaciones por departamento y cultivo (ENAPRES 2010 – 2012)**

Cultivo	AP	AY	CAJ	CUS	HCO	HVL	PAS	PUN	Total
Avena Forrajera	?????	?????	?????	?????	?????	?????	?????	69	69
Cebada Grano	?????	72	?????	?????	?????	?????	?????	31	803
Frijol Grano Seco	48	?????	?????	?????	?????	?????	?????	?????	48
Maíz Amiláceo	1,663	57	45	897	704	586	54	?????	8,806
Papa	11	25	14	347	159	241	82	256	3,335
Platano	?????	?????	?????	?????	?????	?????	58	?????	58
Quinua	?????	?????	?????	?????	?????	?????	?????	21	21
Trigo	230	78	69	?????	?????	?????	?????	?????	77
<b>Total</b>	<b>2,952</b>	<b>2,332</b>	<b>1,628</b>	<b>2,244</b>	<b>1,863</b>	<b>1,827</b>	<b>1,494</b>	<b>2,277</b>	<b>16,617</b>

Fuente: ENAPRES 2010 - 2012

Elaboración: Propia

Nota: Las abreviaciones en las columnas corresponden a los departamentos en donde está vigente el SAC. AP: Apurímac; AY: Ayacucho; CAJ: Cajamarca; CUS: Cusco; HCO: Huánuco; HVL: Huancavelica; PAS: Pasco; PUN: Puno.

La muestra de la ENAPRES no nos permite identificar eventos catastróficos en los cultivos y regiones estudiados para el período de análisis. Es decir, los estimados que presentaremos a continuación han sido desarrollados sobre la base de variaciones marginales en los rendimientos de los cultivos en cuestión. Encontramos que de los 26 modelos estudiados, en 24 casos la relación entre varianza y rendimiento promedio es positiva y significativa, lo que nos permite confirmar la hipótesis que cuando se presenta un evento catastrófico y consecuentemente el rendimiento promedio cae, entonces la varianza de los rendimientos también caerá (ecuación 2). Los únicos casos donde no encontramos una relación estadísticamente significativa fueron en Cajamarca (trigo) y

Pasco (plátano); quizás, en parte, por el relativamente pequeño número de observaciones disponibles en ambos casos. Encontramos que cuando el rendimiento promedio en cada distrito llega al 40% de su rendimiento promedio, la desviación estándar a nivel de la región se reduce en promedio a un 52% de su valor original, lo que si bien confirma la hipótesis de que cuando cae el rendimiento promedio lo mismo ocurre con la varianza; también nos informa que la reducción en el rendimiento promedio fue mayor que la de la desviación estándar, lo que implica que quizás no haya una reducción de muestra directa. La tabla siguiente muestra el porcentaje de reducción de la desviación estándar en cada distrito-cultivo.

**Tabla 13: % reducción de la desviación estándar cuando cae el rendimiento promedio a nivel de distrito (ENAPRES 2010 – 2012)**

Cultivo	AP	AY	CAJ	CUS	HCO	HVL	PAS	PUN
AvenaForrajera								74%
CebadaGrano		39%			66%			50%
FrijolGranoSeco	41%							
HabaGranoSeco								31%
MaizAmilaceo	45%	17%	50%	38%	66%	52%	36%	
Papa	58%	58%	72%	73%	83%	60%	79%	50%
Quinoa								40%
Trigo	64%	16%						

Fuente: ENAPRES 2010 - 2012

Elaboración: Propia

Nota: Cada estimación se realizó haciendo un “pooling” de todos los años y todos los distritos a nivel de región.

Las abreviaciones en las columnas corresponden a los departamentos en donde está vigente el SAC. AP: Apurímac; AY: Ayacucho; CAJ: Cajamarca; CUS: Cusco; HCO: Huánuco; HVL: Huancavelica; PAS: Pasco; PUN: Puno.

### Estimación del tamaño óptimo de muestra

El tamaño óptimo de muestra depende no solamente del promedio y la desviación estándar de los datos, sino también de los criterios que el investigador le asigne en términos de margen de error en la estimación de la media y el nivel de confianza esperado.

Para un margen de error del 5% con un nivel de confianza del 95%, el tamaño óptimo de muestra se estima utilizando la fórmula:



$$n = \left( \frac{Z_{\alpha/2} S_x}{E\bar{x}} \right)^2 \quad (3)$$

, donde  $S_x$  es la desviación estándar de los datos; y  $\bar{x}$  el promedio muestral,  $Z_{\alpha/2}$  es el valor crítico que representa un nivel de confianza determinado y  $E$  es el margen de error definido que se refiere al nivel de precisión que queremos de nuestra muestra. Por ejemplo, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) utilizan un tamaño de muestra que genera como máximo un error de 3% utilizando un nivel de confianza de 95% (que representa un  $Z_{\alpha/2} = 1.96$ ). Considerando todos los demás factores constantes; mientras mayor sea el margen de error permitido, menor será el tamaño de muestra necesario. Similarmente, mientras menor sea el nivel de confianza esperado, menor será el valor crítico y menor el tamaño de muestra esperado. Por otro lado, cuando la población total es finita o muy pequeña, el tamaño de muestra se ajusta utilizando la fórmula:

$$n^* = \frac{n}{1 + \left( \frac{n}{N} \right)} \quad (4)$$

, donde  $n^*$  es el tamaño de muestra ajustado por población finita,  $n$  es el tamaño de muestra (ecuación 3); y  $N$  es el número de observaciones del universo.

Lamentablemente, no disponemos de información sobre el número de beneficiarios o el área total asegurada a nivel de unidad de análisis (Sector Estadístico-cultivo). El padrón de beneficiarios, de donde se obtiene el número de personas que al interior de un distrito siembra el cultivo asegurable y el número de hectáreas sembradas en dicho cultivo, se desarrolla únicamente después de que se haya realizado el ajuste en campo y se haya verificado la presencia de un daño catastrófico. Es así que solo se puede obtener esta información para las áreas que han sufrido un siniestro y han sido indemnizadas.

Obtuvimos a través del MINAGRI el padrón de beneficiarios indemnizados de la campaña 2012/2013, en donde se realizaron pagos en 505 unidades de análisis. En promedio identificamos alrededor de 114 beneficiarios por cada Sector Estadístico que cultivan un producto específico en un área total de alrededor de 40 hectáreas<sup>21</sup>, lo que implica que es necesario ajustar el tamaño de muestra. La tabla siguiente nos muestra las características

---

<sup>21</sup> Es decir en promedio cada agricultor siembra 0.35 ha de cada uno de los cultivos en investigación.

de la distribución tanto del número de beneficiarios como del área involucrada en cada unidad de análisis (sector estadístico-cultivo).

**Tabla 14: Beneficiarios y áreas aseguradas por unidad de análisis (2012 / 2013)  
(Sector Estadístico - Cultivo)**

Año	p5%	p25%	Mediana	p75%	p95%	Promedio	N
Nro. Benef.	1000000000	1000000008	1000000008	1000000054	1000000041	1000000015	1000000005
Área	1000000000	1000000001	1000000009	1000000005	1000000018	1000000001	1000000005

Fuente: La Positiva, MINAGRI

Elaboración: Propia

Nota: Los datos corresponden únicamente a los SE-cultivo que fueron indemnizados directamente por el SAC durante la campaña 2012 / 2013.

Dado que no disponemos de información de rendimientos a nivel de unidad de análisis (sector estadístico – distrito), utilizando la ENAPRES 2010-2012 a nivel de provincia-cultivo, estimamos el rendimiento promedio y la desviación estándar y asumimos que estos valores son similares a nivel de provincia y a nivel de sector estadístico. Si bien este es un supuesto que no se ajusta necesariamente a la realidad, nos permite tener una idea de la heterogeneidad que se observa en los rendimientos de los cultivos y del tamaño de muestra necesario para obtener representatividad. Esta información se combina con el padrón de beneficiarios que para cada sector estadístico nos indica el número de beneficiarios, lo que nos permitirá luego ajustar el tamaño de muestra por población finita (ecuación 4).

**Tabla 15: Tamaño de muestra  
(Error = 5%; Nivel de confianza = 95%)**

Tamaño de muestra	Número de unidades de análisis	Tamaño promedio de muestra	Área promedio (SE-cultivo)	Población total promedio (SE-cultivo)
Menor de 11 puntos	5	8	5	8
Entre 11 y 30 puntos	4	9	8	9
Entre 30 y 50 puntos	9	2	4	4
Entre 50 y 80 puntos	1	4	5	2
Más de 80 puntos	80	47	5	11
<b>Total</b>	<b>90</b>	<b>108</b>	<b>56</b>	<b>148</b>

Fuente: MINAGRI, ENAPRES

Elaboración: Propia

Los resultados nos muestran que en tan solo en el 2% de los casos el tamaño de muestra para lograr una precisión aceptable (5% con 95% de confianza) se requieren de once puntos muestrales. En promedio, el tamaño óptimo de muestra es de 108 puntos muestrales que se han de identificar en un área promedio de 56 hectáreas donde un promedio de 148 productores se dedican a la producción del cultivo materia de evaluación en el área definida por el sector estadístico. Igualmente, observamos que menos del 20% de las unidades de análisis requiere de menos de 50 puntos muestrales para los niveles de precisión y confianza planteados; y que alrededor del 60% de la muestra requiere más de 80 puntos muestrales. Lo que recomendamos es modificar el procedimiento de ajuste de datos en campo y aumentar poco a poco el tamaño de muestra tomando como referencia el número total de beneficiarios potenciales (o una suerte de pre-padrón de beneficiarios) e información secundaria sobre rendimientos promedio y desviaciones estándar en la zona, aplicando las fórmulas (3) y (4), buscando primero quizás un nivel de confianza del 90%, con un margen de error del 15% (Ver Tabla 16) e ir afinando poco a poco. Igualmente consideramos necesario coordinar acciones con las iniciativas del MINAGRI para desarrollar un sistema de encuestas para mejorar las estadísticas agropecuarias. Esta coordinación permitiría que los esfuerzos del MINAGRI se concentren en zonas específicas y se contraste información de rendimientos promedio y desviaciones estándar con la información recogida en los ajustes y con la información misma del MINAGRI. Esto permitiría acercar poco a poco ambas metodologías.

Con el objetivo de presentar un escenario más amplio que permita tener una noción más clara del tamaño de muestra que es posible considerar, en la tabla siguiente presentamos una sensibilización del tamaño de muestra promedio por departamento para diferentes niveles de error y de confianza. Esta tabla nos sugiere que si ampliamos el margen de error a un 10%, el tamaño de muestra promedio necesario por Sector Estadístico se reduce a aproximadamente la mitad. No obstante, es importante mencionar que incluso con un nivel de confianza del 90% y un error del 10%, tan solo el 2.7% de las unidades de análisis requiere un tamaño de muestra de once puntos muestrales. Lo que sí se puede afirmar es que alrededor de la mitad de las unidades de análisis requiere menos de 50

puntos muestrales y que el 40% requiere entre 50 y 80 puntos muestrales. Es importante resaltar que mientras mayor sea el tamaño de muestra (o puntos muestrales) en cada unidad de análisis (sector estadístico-cultivo), los costos administrativos de las aseguradoras aumentarán y esto se traduciría en un mayor costo de las primas, aumentando la diferencia entre las primas comerciales y las primas puras de riesgo.

**Tabla 16: Sensibilización del tamaño de muestra por departamento**

Departamento	95% Confianza			90% Confianza		
	Error ± 5%	Error ± 7%	Error ± 10%	Error ± 5%	Error ± 7%	Error ± 10%
Apurímac	97	82	63	89	73	54
Ayacucho	96	85	71	91	79	64
Cusco	103	81	58	92	70	47
Huancavelica	64	25	36	44	05	38
Huanuco	36	07	06	21	02	02
Pasco	96	76	54	86	65	44
Puno	94	79	60	86	69	51
<b>Promedio</b>	<b>108</b>	<b>89</b>	<b>67</b>	<b>88</b>	<b>78</b>	<b>57</b>

Fuente: MINAGRI, ENAPRES  
Elaboración: Propia

La metodología de once puntos muestrales nos presenta claramente un alto margen de error en la estimación del rendimiento promedio. Utilizando los mismos supuestos que para los casos anteriores, estimamos el margen de error incurrido en la medición del rendimiento promedio, utilizando un nivel de confianza del 95%. Para los 300 casos analizados, encontramos que solamente el 0.6% de los casos tienen un margen de error menor al 15% (11% en promedio). El margen de error promedio es de 40%. Por ejemplo, en el caso del Sector Estadístico de Condorccoccha, ubicado en el distrito de Chiara en Ayacucho, hay 162 productores que producen papa (Padrón de beneficiarios de Ayacucho, 2013). Supongamos que sabemos que el rendimiento promedio de la papa fue de 10.5 toneladas, con una desviación estándar de 6.5 toneladas. Si quisiéramos estimar este valor utilizamos la metodología de once puntos, encontraríamos que el margen de error asociado a este tamaño de muestra es de 36.25%, lo que implica que en un 95% de todas las muestras posibles, el valor verdadero del rendimiento de la papa se encuentra entre 6.5 y 14.5 toneladas. En otras palabras, con este margen de error no es posible identificar el valor del rendimiento promedio para pagar compensaciones.

**Tabla 17: Margen de error promedio utilizando una muestra de once puntos**

Margen de Error con 11 puntos	Número de unidades de análisis	Margen de Error Promedio
Menos de 15%	2	10.9%
Entre 15% y 25%	6	23.5%
Entre 25% y 35%	10	30.2%
Entre 35% y 50%	43	39.9%
Más de 50%	31	80.2%
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>39.5%</b>

Fuente: MINAGRI, ENAPRES

Elaboración: Propia

En un ejercicio de simulación de la variación en el margen de error ante cambios en el tamaño de muestra estándar para el ajuste, encontramos que con una muestra de 30 puntos<sup>22</sup> se puede reducir el margen de error a un 22.5%, y que con 50 puntos muestrales, éste se reducía a un 17.6% en promedio. La tabla siguiente muestra los resultados de la simulación.

**Tabla 18: Tamaño de muestra y margen de error estimado**

Departamento	Tamaño de muestra				
	11 puntos	20 puntos	30 puntos	40 puntos	50 puntos
Apurímac	36.2%	26.0%	19.6%	16.6%	14.9%
Ayacucho	54.8%	40.9%	33.1%	29.7%	27.4%
Cusco	30.6%	21.4%	16.2%	12.6%	13.3%
Huancavelica	35.7%	25.7%	20.2%	17.1%	14.8%
Huanuco	36.2%	25.7%	19.9%	16.1%	13.3%
Pasco	30.2%	20.8%	18.6%	16.0%	13.9%
Puno	35.9%	25.0%	19.5%	16.4%	15.3%
<b>Total</b>	<b>39.5%</b>	<b>28.3%</b>	<b>22.5%</b>	<b>19.3%</b>	<b>17.6%</b>

<sup>22</sup> En el caso de que el número de productores en la unidad de análisis sea menor a 30, entonces se realiza un censo.

Fuente: MINAGRI, ENAPRES

Elaboración: Propia

La ecuación (3) nos indica que el tamaño óptimo de muestra es una función directa del coeficiente  $\frac{S_x}{\bar{X}}$ . En el caso de que ocurra un evento catastrófico, es de esperar que caiga el rendimiento promedio y, como hemos visto en la sección anterior, también a una reducción significativa en la varianza (desviación estándar). Ahora bien, para lograr una reducción en el tamaño de muestra, requerimos que todo el coeficiente  $\frac{S_x}{\bar{X}}$  se reduzca, por lo que es necesario que la reducción en el rendimiento promedio sea menor a la reducción en la varianza (desviación estándar). Esto no ocurre en todos los casos; no obstante, esto se observó en los ejemplos de la ENAPROVE y de la ENAPRES a nivel de distrito descritos en la sección anterior. En estos casos, observamos que cuando el rendimiento promedio caía en un 40%, la desviación estándar alcanzaba un valor igual al 29% del valor previo al siniestro.

Esta reducción en el coeficiente  $\frac{S_x}{\bar{X}}$  implica una reducción de 55% en el tamaño óptimo de muestra para lograr una estimación con mismo nivel de precisión y nivel de confianza que en un año normal. Claro está que tan significativa reducción en el tamaño óptimo de muestra no necesariamente ocurrirá en todos los casos.

Si bien es posible que el tamaño óptimo de muestra sea menor en el caso de un siniestro, en el mejor de los casos esto significaría una reducción de 50%. Aún con esta reducción, tan solo en el 5% de los casos requeriría un tamaño muestral menor o igual que once puntos muestrales. Más aún, el promedio estaría en el orden de 46 puntos muestrales por unidad de análisis, para mantener un margen de error de 5% con un nivel de confianza del 95%.

## Comparabilidad de fuentes de información

Como se pudo observar en la sección anterior, no solamente contamos con un mecanismo de ajuste cuyo margen de error de estimación promedio está alrededor del 40%, sino que además la metodología de ajuste no es comparable con la metodología empleada por el MINAGRI<sup>23</sup> que es utilizada para calcular el rendimiento promedio histórico que es la base del disparador. Mientras el método de ajuste tiene una base muestral de once puntos, el método del MINAGRI se basa en datos provenientes de informantes calificados en cada unidad de análisis. El hecho de que ambas fuentes de información provengan de bases totalmente diferentes no permiten la comparabilidad de ambas fuentes.

---

<sup>23</sup> Si bien específicamente la información utilizada para calcular el rendimiento disparador proviene de los Gobiernos Regionales, éstos en realidad siguen la metodología de informantes calificados desarrollada por el MINAGRI.

Con el objetivo de comprobar la incompatibilidad de ambas fuentes de información, decidimos comparar los datos de rendimiento promedio provenientes del ajuste de daños con los datos obtenidos por el MINAGRI.

Un primer nivel de análisis se refiere a la relación entre el pago de indemnizaciones y el rendimiento promedio del MINAGRI. Para estimar esta relación, desarrollamos un modelo de regresión lineal simple en el que estimamos los rendimientos de un cultivo específico (MINAGRI) utilizando el siguiente modelo general:

$$y_{dt} = a + bt + dI_{dt} + \sum_{d=1}^N g_d d + u_{dt} \quad (5)$$

donde  $y_{dt}$  representa el rendimiento en el distrito  $\tilde{y}_{dt} = \alpha + \beta y_{dt} + \delta I_{dt} + e_{dt}$  de la región  $R$  en el año  $t$ ; e  $I_{dt}$  es una variable que indica si el distrito recibió o no una indemnización en un año en particular. La aplicación de este modelo nos permite analizar si el pago de las indemnizaciones está o no correlacionado con el rendimiento. Encontramos que para la muestra completa, de un total de 19 combinaciones de departamento-cultivo en 10 casos (52%) hay evidencia de que el rendimiento promedio estimado por el MINAGRI es menor cuando ha habido un pago de indemnizaciones<sup>24</sup>. Por ejemplo, encontramos que en el caso de Apurímac, cuando se ha realizado una indemnización (rendimiento promedio de ajuste menor al disparador), entonces el rendimiento promedio también se ha reducido; no obstante la reducción en rendimiento ha sido menor que lo que hubiera sido necesario para pagar una indemnización. En todas las regiones encontramos una relación negativa entre el pago de indemnizaciones y el menor rendimiento, con excepción de Huancavelica y Puno. En ambas regiones aparentemente no hay relación alguna entre el pago de indemnizaciones y la reducción en el rendimiento según el MINAGRI.

**Tabla 19: Relación entre haber sido indemnizado y rendimientos MINAGRI**

<sup>24</sup> Cuando hacemos el mismo análisis con únicamente aquellas observaciones en las que el área cosechada es similar al área afectada (diferencia máxima de 50%), encontramos que en 8 de 14 casos (57%) la relación es negativa y estadísticamente significativa, corroborando los resultados hallados con la muestra completa.

Departamento	Cultivo	Muestra Completa		Área cosechada y afectada diferencia en max 50%	
		Efecto en Rendimientos	Sig	Efecto en Rendimientos	Sig
Apurimac	Frijol Grano Seco	-194.0 <sup>?</sup> *			
	Maíz Amiláceo	-192.5 <sup>?</sup> **		-249.8 <sup>?</sup> **	
	Papa	-784.7 <sup>?</sup>		-3,143.2 <sup>?</sup> ***	
Ayacucho	Arveja Grano Seco	-164.4 <sup>?</sup> ***		-156.5 <sup>?</sup> **	
	Cebada Grano	-278.0 <sup>?</sup> ***			
	Maíz Amiláceo	-204.7 <sup>?</sup> ***		-219.1 <sup>?</sup> ***	
	Papa	-1,892.2 <sup>?</sup> ***		-928.7 <sup>?</sup>	
	Trigo	-322.2 <sup>?</sup> ***			
Cusco	Maíz Amiláceo	-131.8 <sup>?</sup>		-127.2 <sup>?</sup>	
	Papa	-1,001.9 <sup>?</sup> *		-1,468.3 <sup>?</sup> **	
Huancavelica	Arveja Grano Seco	-37.4 <sup>?</sup>		-12.0 <sup>?</sup>	
	Arveja Grano Verde	166.9			
	Frijol Grano Seco	19.9		-2.0 <sup>?</sup>	
	Haba Grano Seco	8.1		22.3	
	Maíz Amiláceo	9.7		-17.0 <sup>?</sup>	
	Papa	299.9		665.8 *	
Huanuco	Maíz Amiláceo	-319.3 <sup>?</sup> ***		-431.4 <sup>?</sup> ***	
	Papa	-1,313.7 <sup>?</sup> ***		-1,988.2 <sup>?</sup> ***	
Puno	Papa	278.3			

Fuente: MINAGRI, ENAPRES

Elaboración: Propia

Estos resultados nos indican que aparentemente han habido ocasiones en las que se realizó un pago de indemnizaciones, pero esto no se tradujo necesariamente una caída en el rendimiento estimado por el MINAGRI. En otras palabras, las indemnizaciones no necesariamente corresponden a una caída en el rendimiento (MINAGRI) y menos aún a una caída considerada como catastrófica. Esto revela un alto nivel de incompatibilidad entre las fuentes.

Por otro lado, con el objetivo de estudiar la correlación entre los rendimientos estimados en el proceso de ajuste y los rendimientos estimados por el MINAGRI, desarrollamos un modelo simple de la forma:

$$\tilde{y}_{cdt} = \alpha + \beta y_{cdt} + \delta I_{cdt} + e_{cdt}$$

donde  $\tilde{y}_{cdt}$  corresponde al rendimiento promedio estimado en el proceso de ajuste (para cada cultivo  $c$ , distrito  $d$  y año  $t$ ); y el resto de variables son las mismas que en el modelo anterior (añadiendo la noción de cultivo). El modelo se estima a nivel integral



como para analizar simplemente la diferencia entre ambas fuentes de información. Los resultados nos muestran que si bien hay una relación significativa y positiva entre ambas variables, el rendimiento promedio del proceso de ajuste es significativamente menor al estimado por el MINAGRI. Estos resultados son similares a los encontrados en el modelo anterior.

Un segundo nivel de análisis calcula las diferencias entre el rendimiento del ajuste y el rendimiento del MINAGRI. Encontramos que en un 74% de los casos en promedio, el rendimiento estimado por el ajuste es más de 25% menor. La tabla siguiente muestra los resultados.

**Tabla 19: Diferencia entre el rendimiento MINAGRI y el rendimiento del ajuste (para los distritos con al menos un reclamo)**

Año	Diferencia%				Obs
	Menor	Entre	Entre	Mayor	
	-25%	-25% a 5%	-5% a 5%	+5%	
2010	77.0%	3.7%	0.6%	18.6%	161
2011	73.3%	12.2%	3.8%	10.7%	550
2012	76.5%	11.1%	2.9%	9.5%	630
2013	71.8%	15.5%	5.9%	6.8%	656
<b>Promedio</b>	<b>74.1%</b>	<b>12.3%</b>	<b>3.9%</b>	<b>9.7%</b>	<b>1,997</b>

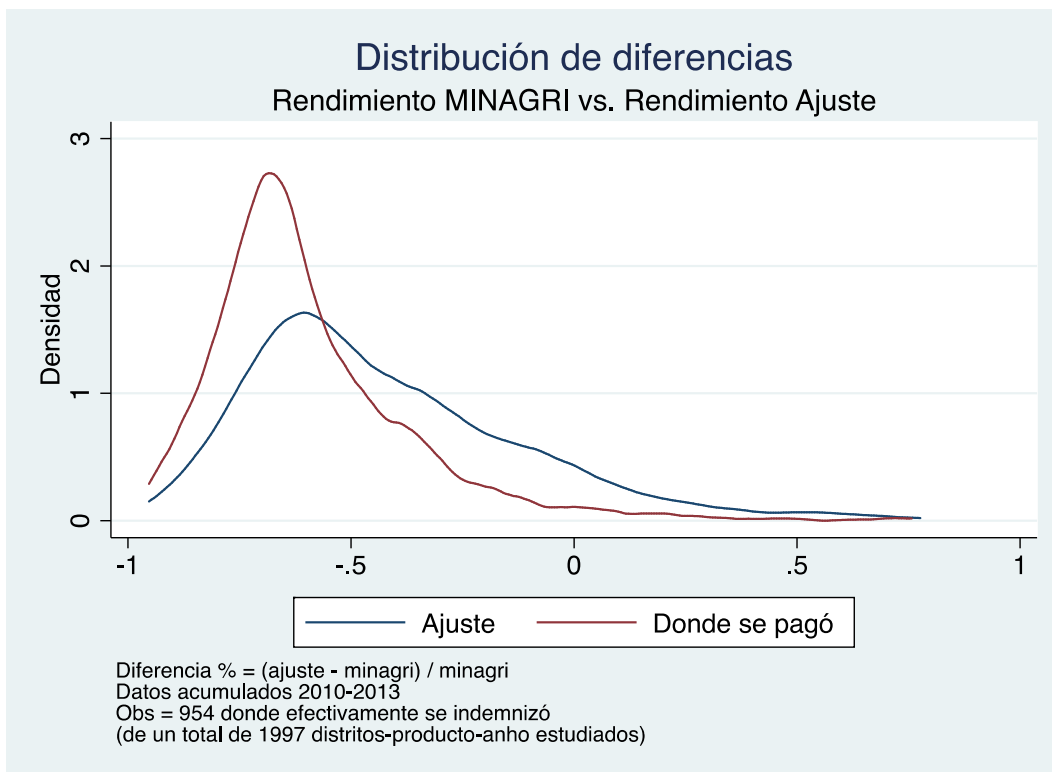
Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Nota: El rendimiento MINAGRI es a nivel de distrito. El rendimiento del ajuste es el promedio ponderado (por área asegurada) de los rendimientos ajustados (a nivel de SE) a nivel de distrito.

Con el objetivo de afinar este análisis, dado que es posible que el rendimiento estimado del proceso de ajuste no haya terminado en un pago de indemnizaciones, consideramos únicamente la diferencia entre ambos mecanismos de estimación cuando ha habido un pago de indemnizaciones. El gráfico nos muestra que la diferencia es mayor cuando tomamos en consideración a los distritos cuyos SE recibieron un pago. Esta diferencia tiende a ser muy amplia en promedio, siendo el rendimiento estimado por el MINAGRI significativamente superior al encontrado en el rendimiento ajustado.

**Gráfico 4: Compatibilidad de fuentes de información (Total de distritos comparables vs. donde hubo indemnización)**



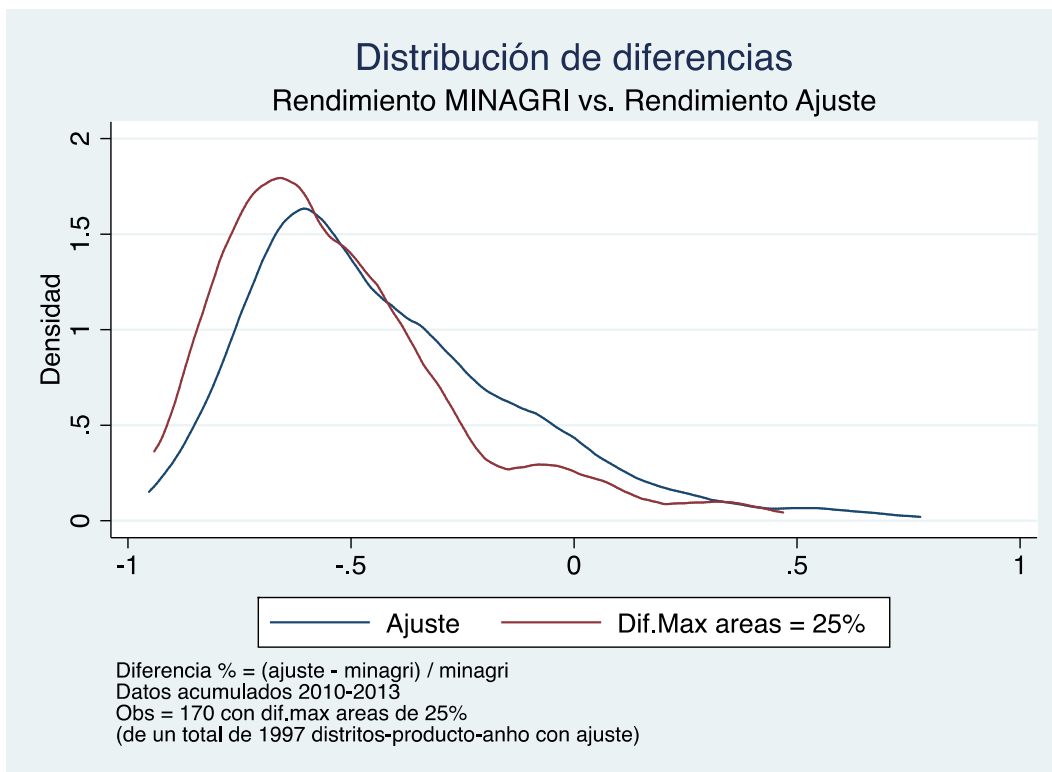
Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Nota: El rendimiento MINAGRI es a nivel de distrito. El rendimiento del ajuste es el promedio ponderado (por área asegurada) de los rendimientos ajustados (a nivel de SE) a nivel de distrito.

Finalmente, una posible causa de tales diferencias puede ser que las áreas afectadas sean significativamente menores que las áreas sobre las cuales se estima el rendimiento promedio. El gráfico siguiente se encarga de analizar únicamente los casos en que las áreas afectadas y las cosechadas (MINAGRI) difirieran en menos de 25%. Los resultados nos muestran que las diferencias se mantienen (Ver gráfico siguiente).

**Gráfico 5: Compatibilidad de fuentes de información  
(Total de distritos comparables vs. donde hubo indemnización y el área asegurada y cosechada difieren como máximo en un 25%)**



Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Nota: El rendimiento MINAGRI es a nivel de distrito. El rendimiento del ajuste es el promedio ponderado (por área asegurada) de los rendimientos ajustados (a nivel de SE) a nivel de distrito.

## 5. Sensibilización de la tasa de siniestralidad

En la sección tres presentamos el estudio que determina la prima pura de riesgo en el caso que utilizáramos los rendimientos proporcionados por el MINAGRI como la fuente de información. Asimismo, mostramos que los datos del MINAGRI tienen limitaciones para estimar el rendimiento promedio a nivel de Sector Estadístico (problemas de calidad, ámbito, y referencia). Por otro lado, en la sección cuatro, presentamos un análisis del mecanismo de ajuste, sus problemas asociados a un alto margen de error en la estimación del rendimiento y su incompatibilidad con los datos del MINAGRI.

De nuestro análisis previo, se desprende que la prima pura de riesgo para un seguro que considera un daño catastrófico cuando el rendimiento promedio cae por debajo del 40% de su valor histórico (hecho que ha ocurrido muy rara vez entre los años 1997 y 2013), es en promedio de alrededor de 0.07%. No obstante entre las campañas 2009/2010 – 2012/2013, se pagaron indemnizaciones por un total de 52.7 millones de nuevos soles de un total de 134.2 millones de nuevos soles en primas netas pagadas, que representan una tasa de siniestralidad de 39.6%. Esta aparente contradicción, tiene su explicación en el mecanismo de ajuste empleado, que se caracteriza por su amplio margen de error

(39.5%) y su incompatibilidad con el rendimiento promedio histórico que determina el disparador. La tabla siguiente muestra la tasa de siniestralidad por cultivo y por región.

**Tabla 20: Tasa de siniestralidad promedio (por región y por cultivo)**

Región	2010	2011	2012	2013	Promedio
Apurímac	0.2%	5.9%	43.7%	49.0%	22.3%
Ayacucho	51.1%	277.6%	72.5%	46.9%	106.9%
Cajamarca	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	0.3%
Cusco	49.7%	0.0%	5.5%	4.1%	15.1%
Huancavelica	12.6%	112.0%	15.6%	44.7%	41.8%
Huanuco	45.1%	12.8%	7.9%	16.1%	18.7%
Pasco		65.2%	65.8%	91.7%	72.9%
Puno	51.0%	77.9%	44.3%	71.6%	62.4%
<b>Total</b>	<b>28.1%</b>	<b>67.7%</b>	<b>25.3%</b>	<b>37.2%</b>	<b>39.4%</b>

Cultivo	2010	2011	2012	2013	Promedio
Arveja Grano Seco	14.3%	284.8%	64.2%	35.5%	99.4%
Arveja Grano Verde	72.9%	435.9%	22.0%	15.8%	125.6%
Avena Forrajera		133.9%	9.3%	12.5%	44.7%
Cacao		0.0%	22.3%	4.5%	10.9%
Cafe		0.0%	12.1%	10.7%	9.4%
Cebada Grano	1.2%	145.2%	69.0%	20.5%	43.1%
Frijol Grano Seco	1.6%	85.6%	43.6%	66.4%	47.9%
Haba Grano Seco	0.7%	102.9%	25.7%	67.5%	43.7%
Haba Grano Verde	0.0%	3.2%			0.9%
Maíz Amiláceo	15.1%	58.6%	15.9%	30.7%	29.7%
Papa	48.5%	43.4%	20.4%	39.2%	38.6%
Platano		0.6%	0.0%	7.1%	2.1%
Quinoa	2.3%	77.9%	125.8%	175.1%	117.1%
Trigo	0.5%	101.7%	12.6%	5.9%	27.3%
<b>Total</b>	<b>28.1%</b>	<b>67.7%</b>	<b>25.3%</b>	<b>37.2%</b>	<b>39.4%</b>

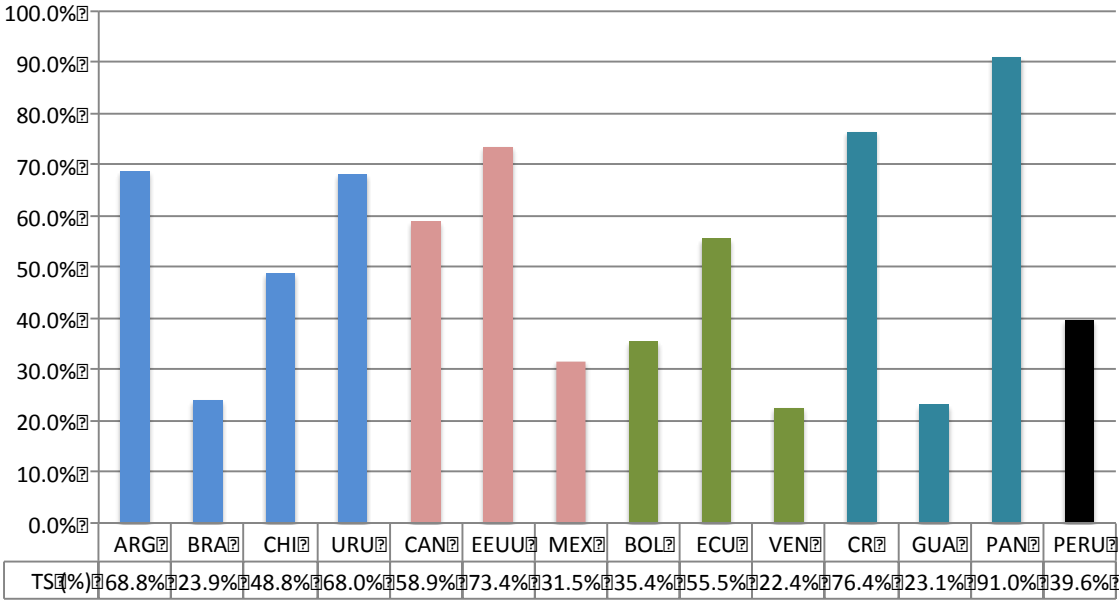
Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Las indemnizaciones se pagaron principalmente en las regiones de Ayacucho (36%), Puno (24%) y Huancavelica (17%), siendo la papa (40%) y el maíz amiláceo (22%) los cultivos más indemnizados. La tasa de siniestralidad promedio del sistema en el Perú es

una tasa promedio en la región<sup>25</sup>. Por ejemplo en el Mercosur, la tasa promedio de siniestralidad es de 48.6%, siendo Brasil el que presenta la cifra más baja (23.9%). En el caso de los países del Norte, la siniestralidad promedio es de 71%, siendo la más baja la de México (31.5%). En el caso de los países Andinos, la siniestralidad promedio es de 37.34%, mientras que en Centro América esta es de 72.5%. Es importante resaltar que estos últimos contribuyen con tan solo el 0.1% del total de la región.

**Gráfico 6: Tasa de siniestralidad en las Américas (Años 2008 y 2010)**



Fuente: IICA, MINAGRI  
Elaboración: Propia

Nota: Para los países de la región se tomó el promedio entre los años 2008 y 2010 presentados en IICA (2012). *Los seguros agropecuarios en las Américas: un instrumento para la gestión del riesgo*. San José, Costa Rica. La tasa de siniestralidad de Perú fue obtenida de la información proporcionada por el MINAGRI.

Como mencionamos previamente, la tasa de siniestralidad no corresponde a la prima pura de riesgo estimada y el mecanismo de ajuste no refleja significativamente el rendimiento de la población en estudio. Sin embargo, el SAC está operando con una tasa de siniestralidad promedio en la región. Con el objetivo de conocer cuáles son los límites de las condiciones de aseguramiento del SAC, desarrollamos una simulación de la tasa de siniestralidad esperada, variando el disparador y el precio de la prima. El supuesto detrás de esta simulación es que el mecanismo de ajuste de datos no varía.

El gráfico siguiente resume el ejercicio de simulación en el que se asume una indemnización por hectárea de S/. 550 y representa lo que hubiera ocurrido durante las

<sup>25</sup> La comparación se realiza sobre la base del promedio para los años 2008 y 2010 obtenidos de IICA (2012) para los países de la región, y sobre la base del promedio 2010-2014 para el caso Peruano.

campañas 2009/2010 – 2012/2013 en los escenarios alternativos utilizando únicamente información del MINAGRI y los datos de rendimientos ajustados de las aseguradoras. Consideramos que el área en azul representa los límites sobre los cuales se podría manejar la tasa de siniestralidad en un esquema de esta naturaleza, sin necesariamente generar problemas extremos en la oferta comercial de seguros.

**Tabla 21: Simulación de la tasa de siniestralidad  
(Indemnización por hectárea = S/. 550)**

Primas(%)	Disparador(%)						
	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%
5%	108.6%	132.3%	160.2%	180.8%	201.6%	212.9%	225.2%
6%	90.5%	110.2%	133.5%	150.6%	168.0%	177.4%	187.7%
7%	77.5%	94.5%	114.4%	129.1%	144.0%	152.0%	160.9%
8%	67.9%	82.7%	100.1%	113.0%	126.0%	133.0%	140.8%
9%	60.3%	73.5%	89.0%	100.4%	112.0%	118.3%	125.1%
10%	54.3%	66.1%	80.1%	90.4%	100.8%	106.4%	112.6%
11%	49.3%	60.1%	72.8%	82.2%	91.7%	96.8%	102.4%
12%	45.2%	55.1%	66.8%	75.3%	84.0%	88.7%	93.9%
13%	41.8%	50.9%	61.6%	69.5%	77.6%	81.9%	86.6%
14%	38.8%	47.2%	57.2%	64.6%	72.0%	76.0%	80.4%
15%	36.2%	44.1%	53.4%	60.3%	67.2%	71.0%	75.1%

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Nota: Este ejercicio de simulación asume que el mecanismo de ajuste se mantiene igual y representa lo que hubiese ocurrido en las campañas 2009/2010 – 2012/2013 con escenarios alternativos para las condiciones básicas del SAC.

A medida que el mecanismo de ajuste va aumentando el número de puntos muestrales y que la medición del rendimiento promedio histórico vaya mejorando su calidad, ambos valores tenderán a converger, y la tasa de siniestralidad se va a ir ajustando hacia su valor teórico. Las características del SAC sugieren una muy baja probabilidad de ocurrencia de eventos catastróficos, en la medida en que 40% del rendimiento promedio histórico es un evento que tiende a ocurrir muy rara vez (según los datos del MINAGRI), como por ejemplo cuando ocurre un Fenómeno del Niño severo como los ocurridos durante 1982/1983 y 1997/1998. Nótese que el siguiente fenómeno del niño en términos de intensidad ocurrió en 1821 y 1925 y las zonas afectadas de manera catastrófica en términos de agricultura fueron focalizadas en la costa norte del Perú (lluvias extremas) y sequías en el Sur. Por ejemplo, utilizando datos de rendimiento promedio regional anual del MINAGRI para algunos productos importantes en Piura, encontramos que los únicos

años donde se registraron pérdidas catastróficas fueron en el año del Niño 1982/1983 y únicamente en cultivos como el algodón y el limón. En términos prácticos esto implica que la prima pura de riesgo promedio nacional o regional ha de ser muy baja para eventos de índole catastrófica.

**Tabla 22: Tasa de siniestralidad en la región Piura (1950 – 2013)  
(disparador = 40% del rendimiento promedio histórico)**

Cultivo	Prima pura de riesgo	Año del siniestro	Periodo de la serie de datos	Año de inicio de la serie de datos	Año de fin de la serie de datos
Algodón	1.6%	1983	1950	1950	2013
Arroz	0.0%		1950	1950	2013
Café	0.0%		1961	1961	2013
Limón	2.1%	1983	1966	1966	2013
Maíz Amarillo Duro	0.0%		1952	1952	2013

Fuente: MINAGRI

Elaboración: Propia

Nota: Se utilizaron datos agregados a nivel regional del <http://frenteweb.minagri.gob.pe>

## 6. Conclusiones generales del SAC

- El Ministerio de Agricultura produce información de rendimientos anuales por distrito y cultivo. La información con este nivel de desagregación distrital existe disponible a nivel nacional desde el año 1997. Esta información adolece de un conjunto de problemas asociados a la calidad de los datos, que consideramos que mientras se refieran a cultivos principales pueden aproximarse a las tendencias reales.
- Utilizando las fuentes de información del MINAGRI se construyó el rendimiento asegurable para cada cultivo en cada Sector Estadístico. El mecanismo natural para evaluar el riesgo es utilizar la misma fuente de información y determinar si hubo un siniestro o no; es decir, utilizar el mecanismo de informantes calificados para realizar el ajuste. La aproximación actual es utilizar otra fuente de información con un amplio margen de error (mecanismo de ajuste) para determinar si hubo o no un siniestro.
- La primera aproximación tiene sus propias limitaciones. Por un lado, la calidad de la información no es muy buena. Por otro lado, hay potenciales problemas de azar moral que pueden incidir en el valor del rendimiento promedio y en el pago de indemnizaciones.
- La segunda aproximación tiene otro tipo de limitaciones. Primero, es una fuente de información totalmente distinta que no tiene relación alguna con la fuente a través de

la cual se determinó el rendimiento promedio. Segundo, esta fuente de información tiene un margen de error muy alto (aproximadamente 39.5%).

- El objetivo de largo plazo es obtener un rendimiento asegurable y un mecanismo de evaluación de presencia de siniestros que sean compatibles y que partan de la misma fuente de información o que al menos tengan un margen de error razonable.
- El cálculo de la prima pura de riesgo ha de ser realizado utilizando la misma fuente de información con la que se determinó el disparador. Para el cálculo de la prima pura de riesgo esta información tiene dos problemas adicionales a los relacionados a la calidad de la información: (i) el ámbito de intervención es a nivel distrital y no de sector estadístico, unidad sobre la que están definidas las unidades de análisis; y (ii) la información de rendimientos se construye sobre la base de las cosechas, lo que genera un sesgo cuando la superficie sembrada no ha sido cosechada. En cuanto al primer problema, encontramos muy poca variabilidad en los datos a nivel de sector estadístico<sup>26</sup> (en alrededor del 90% de los casos la diferencia entre el rendimiento más alto y el más bajo es de 5% o menos); y cuando usamos el promedio distrital de sectores estadísticos, encontramos que más del 84% de los datos difieren en menos del 10% del rendimiento distrital (MINAGRI). Finalmente no encontramos sesgos en la diferencia. En cuanto al segundo problema, hay que tomar en consideración una posible sobreestimación en el caso de superficie perdida.
- Existe una incompatibilidad en las fuentes de evaluación del riesgo. Por un lado, utilizando únicamente la información del MINGARI y considerando tres aproximaciones metodológicas distintas, encontramos que la prima pura de riesgo es menor al 0.5% para un disparador equivalente al 40% del rendimiento promedio. No obstante, la tasa de siniestralidad registrada utilizando la metodología de los 11 puntos es de aproximadamente 40% para el período 2009/2010 – 2012/2013. Esta tasa de siniestralidad no es compatible con una prima pura de riesgo de 0.5%.
- A través de cambios en el disparador (o en otras palabras, en la definición de daño catastrófico), simulamos los potenciales efectos en la prima pura de riesgo, manteniendo la metodología de ajuste vigente. Por ejemplo, si el disparador fuese 80%, la prima pura de riesgo asociada sería equivalente a un 6% y la prima comercial estaría en un valor entre 9% y 10% aproximadamente.
- La metodología de ajuste consiste en identificar aleatoriamente once puntos muestrales adecuadamente distribuidos al interior del Sector Estadístico y realizar una evaluación de los daños en cada una de las parcelas elegidas. Seguidamente se promedian los datos al para obtener el rendimiento y determinar si el evento climático ha producido o no un daño catastrófico (rendimiento estimado por debajo de 40% del rendimiento promedio histórico).
- Esta metodología tiene dos problemas centrales: (1) el tamaño de muestra utilizado es muy limitado lo que sugiere que el margen de error es muy alto; y (2) esta metodología es incompatible con la utilizada para estimar el rendimiento promedio histórico.

---

<sup>26</sup> Recogidos directamente de las DRA en el marco del SAC por el FOGASA y La Positiva



- En cuanto al primer problema hay dos criterios que tomar en consideración. Primero, que es posible que cuando se produce un daño catastrófico, la varianza del rendimiento caiga significativamente. Si esta caída es mayor proporcionalmente que la caída en el rendimiento promedio, entonces es de esperar que el tamaño de muestra necesario para un nivel de precisión determinado sea menor cuando ocurre un evento catastrófico. Segundo, los sectores estadísticos son relativamente pequeños y también lo es el número de productores que producen un determinado cultivo en un determinado sector estadístico. Es posible que el tamaño de muestra necesario no sea muy alto. Ambas opciones combinadas podrían sugerir que la metodología de ajuste permite efectivamente una estimación del rendimiento promedio con un margen de error aceptable.
- Utilizando la ENAPRES y un modelo de Mínimos Cuadrados Generalizados, encontramos que hay una relación positiva y significativa entre el rendimiento promedio y la varianza del rendimiento. No obstante nuestras estimaciones no son concluyentes sobre si la reducción de la varianza es proporcionalmente mayor que la reducción en el rendimiento.
- Con la misma encuesta, calculamos el rendimiento promedio por provincia y su varianza y estimamos el tamaño óptimo de muestra a nivel provincial para cada cultivo. Luego ajustamos el tamaño de muestra según el número de total de beneficiarios registrados en el padrón de indemnizaciones. Los resultados nos sugieren que el tamaño promedio de muestra para lograr un nivel de precisión de +/-5%, con un nivel de confianza de 95% es de 108 por sector estadístico. La metodología de once puntos sugiere un margen de error de 39.5% para un nivel de confianza del 95%.
- Si se cumple que la varianza se reduce proporcionalmente más que el rendimiento promedio y que esta relación permita una reducción en el tamaño óptimo de muestra del 50% (caso promedio observado en ENAPROVE Costa y ENAPRES con data distrital), con 46 puntos muestrales podemos obtener una precisión de +/-5%, con un nivel de confianza de 95%.
- En cuanto a la incompatibilidad entre el rendimiento ajustado y el rendimiento promedio del MINAGRI, ésta nace de la diferente metodología aplicada para su estimación. Por un lado, encontramos que en la mayoría de los casos, cuando se han producido indemnizaciones (rendimiento ajustado menor que el 40% del rendimiento histórico), el MINAGRI ha reportado menores rendimientos. No obstante, esta reducción en rendimientos está muy lejos de ser catastrófica. Igualmente, encontramos una relación positiva y significativa entre ambos rendimientos; no obstante, el rendimiento ajustado ponderado es largamente menor que el rendimiento del MINAGRI.
- En la misma línea, cuando analizamos las diferencias entre ambas metodologías para aquellos distritos en los que ha habido indemnizaciones, encontramos que en alrededor del 75% de las observaciones comparables, el rendimiento del MINAGRI es mayor en más de 25% que el rendimiento ajustado.
- Encontramos que la tasa de siniestralidad promedio nacional está en el promedio regional, pero que estos valores con tienen respaldo en la prima pura de riesgo

estimada, debido principalmente a los problemas asociados a la metodología de ajuste y sus problemas de alto margen de error e incompatibilidad con la fuente del rendimiento promedio.

- Si se mantiene invariable la metodología de ajuste, encontramos que hay todavía un espacio importante sobre la base del cual negociar con las aseguradoras para mejorar las condiciones.
- Si se hacen mejoras en la metodología de ajuste (aumentar el tamaño de muestra), es de esperarse que la tasa de siniestralidad se reduzca significativamente. Más aún, si es que por otro lado, se consiguen mejores mecanismos para estimar el rendimiento asegurable, también es posible que se reduzca aún más la tasa de siniestralidad. Esto permitiría un mayor espacio de negociación con las aseguradoras, sea para reducir las primas comerciales o aumentar el disparador.

## **7. Factibilidad de desarrollar un seguro indexado a variables climáticas**

El objetivo de esta sección es indagar sobre la factibilidad de desarrollar un seguro agrícola indexado a variables climáticas, que permita al MINAGRI ampliar su abanico de opciones en este mercado. Esta sección se desarrollará sobre la base de la solicitud del MINAGRI de evaluar a un conjunto de cultivos en unas regiones específicas. Para tales fines, haremos una análisis de la correlación entre el rendimiento de un cultivo y un conjunto de variables climáticas disponibles, que es la base para desarrollar un índice climático. Primero revisaremos brevemente la información climática con la que contamos y luego, pasaremos a analizar cada uno de los casos. Finalmente, presentaremos algunas conclusiones y recomendaciones para el MINAGRI.

Es importante mencionar que si bien es posible identificar correlaciones importantes entre variables climáticas y rendimientos, esta es solo la primera parte de un análisis más profundo para desarrollar un seguro indexado. Uno de los principales elementos a considerar en el desarrollo de un seguro indexado a variables climáticas está relacionado con el riesgo de base, que está asociado al hecho de que los índices no reflejan necesariamente las pérdidas de la población asegurada. Si el índice no tiene una correlación importante con el rendimiento, entonces el riesgo de base es potencialmente

muy grande minimizando la efectividad del seguro indexado. Por otro lado si hay una correlación importante, es necesario profundizar en la naturaleza de esta relación para desarrollar el seguro indexado.

## Disponibilidad de información

Un seguro indexado es muy intensivo en el uso de información; en particular en regiones como la sierra, que se caracterizan por tener una geografía muy compleja que limitan el potencial de las estaciones meteorológicas de representar las características climáticas de un distrito, que es la unidad mínima de análisis sobre la cual se pueden construir correlaciones. El número de estaciones meteorológicas con información disponible es muy reducido en cada región (Ver Tabla 23), lo que limitará la capacidad analítica de los modelos desarrollados.

En cuanto a la data estadística de rendimientos, se debe poner en perspectiva para los resultados de esta sección, la limitada información anual que disponemos. En el mejor de los casos existen datos anuales a nivel de distrito para 17 años (1997-2013).

Por otro lado, es importante resaltar que han de haber un conjunto amplio de combinaciones posibles para identificar las correlaciones entre variables climáticas e información meteorológica (temperatura mínima, temperatura máxima, precipitaciones y humedad relativa). En nuestro caso, preferimos concentrarnos en aquellas estaciones meteorológicas ubicadas en distritos en los que se produce el cultivo en cuestión. Si bien es posible establecer correlaciones entre estaciones meteorológicas e interpolar la información de estas (utilizando variables geográficas) para estimar datos posibles a nivel de distrito, en esta primera mirada a la información consideramos que no es necesario ir tan lejos.

En el Anexo 5 incluimos un detalle de las características generales de cada una de las estaciones meteorológicas que hemos utilizado para el presente estudio. En promedio tenemos más del 95% de los datos diarios de cada una de las variables proporcionadas: humedad relativa, temperatura mínima, temperatura máxima y precipitaciones. Es a partir de estos datos que crearemos un conjunto de variables analíticas que nos permitirán analizar la correlación entre la información climática y el rendimiento a nivel de distrito<sup>27</sup>.

### **Tabla 23: Cultivos y regiones solicitados por el MINAGRI**

---

<sup>27</sup> Para la creación de variables climáticas agregadas a partir de los datos proporcionados por el MINAGRI, decidimos tomar en consideración solamente la información anual con al menos 340 datos, trimestral con al menos 84; y mensual con al menos 27 datos.

Departamento	Cultivo	Número Total de estaciones
Cajamarca	Maíz Amiláceo	28
Cusco	Maíz Amiláceo	15
Huanuco	Papa	9
Junin	Café	9
Piura	Mango	10

Fuente: MINAGRI

Elaboración: Propia

Nota: En el caso del Maíz Amiláceo, se solicitó cualquiera de los dos, sin mayor especificación.

Finalmente, para estudiar las correlaciones entre el rendimiento y algunas variables climáticas, nos circunscribimos a los años en los que hay información de ambas fuentes de información (MINGRI y SENAMHI). La información de rendimientos se estima anualmente y se desestacionaliza siguiendo el procedimiento descrito en el Anexo 2.

## El caso de la papa en Huánuco

La papa en Huánuco contribuye con aproximadamente 45% del Valor Bruto de Producción Agrícola (2009 – 2013), ubicándolo como el cultivo más importante en la región<sup>28</sup>. La producción de papa está concentrada en seis distritos que producen el 50% del total (Ver Tabla 24).

Combinando la información del SENAMHI con la información del MINAGRI encontramos que hay cuatro distritos que producen papa y que cuentan con al menos una estación meteorológica (Amarilis, Huánuco, Jacas Chico y San Rafael). Las otras cinco estaciones disponibles en la región corresponden a distritos que no producen papa (Tournavista, Puerto Inca, Rupa-Rupa y José Crespo y Castillo). Estas regiones, sin embargo, representan en conjunto tan solo el 7% del total de la producción de papa en la región (Ver la ubicación de las estaciones en el Anexo 5 – Mapa 1).

**Tabla 24: Producción de papa por distrito (TM)**

<sup>28</sup> Otros cultivos de importancia son algunos pastos (9.6%), plátano (7%), maíz amarillo (4.2%), arroz (4.1%) y maíz amiláceo (4.0%).

Distrito	Producción promedio en TM (2009-2013)	%
Panao	7,273	14.1%
Chinchao	5,975	10.1%
Chaglla	4,084	9.2%
Llata	3,638	6.6%
Umari	3,095	6.1%
Molino	2,905	5.7%
San Rafael	1,540	3.0%
Amarilis	1,396	2.7%
Huanuco	589	1.1%
Jacas Chico	1,252	0.2%
Resto	11,220	41.2%
<b>Total</b>	<b>51,283</b>	

Fuente: MINAGRI

Elaboración: Propia

### Jacas Chico

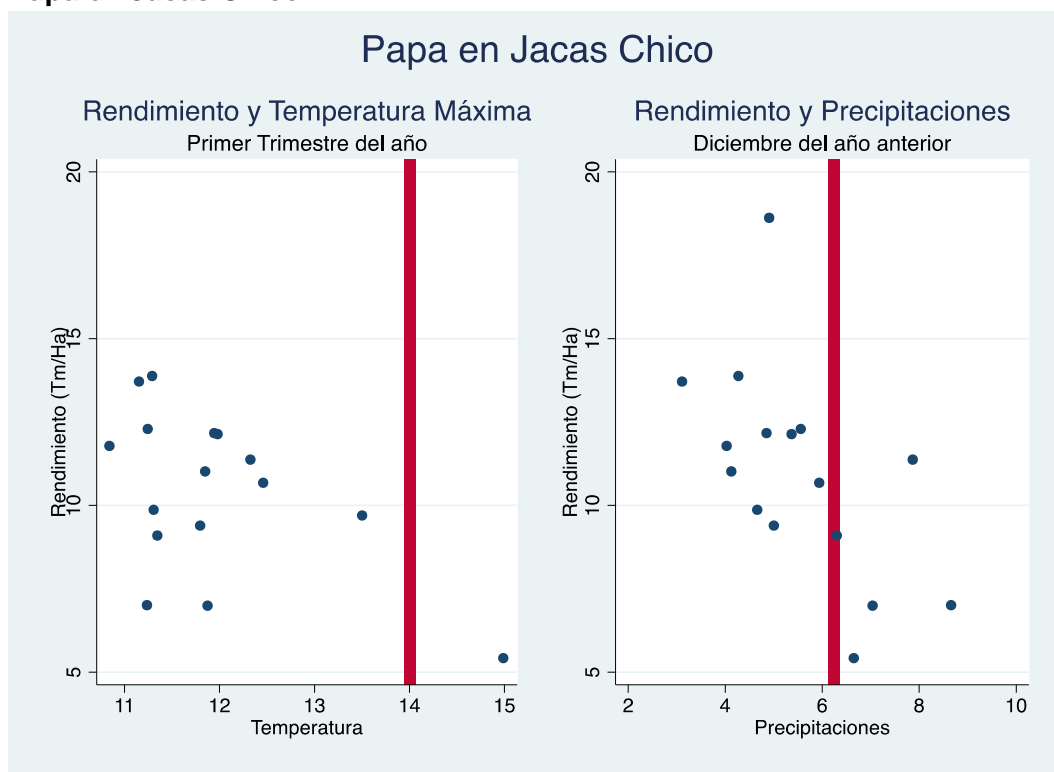
La producción de papa en Jacas Chico se realiza entre los meses de Enero y Mayo, concentrándose entre Febrero y Abril (77% del total anual). La papa requiere de un clima generalmente frío para su óptima producción y principalmente templado durante la época de siembra.

Cuando la temperatura promedio durante el primer trimestre del año (época de cosecha) es más cálida de lo normal, se limita el desarrollo final de la planta y el rendimiento tiende a ser menor. Por otro lado, cuando hay un exceso de precipitaciones a finales del año, el rendimiento tiende a ser menor, posiblemente debido a que la alta humedad tiende a atraer a la ranchara, hongo que afecta a la producción de papa.

A continuación presentamos una estimación de los rendimientos desestacionalizados de la papa para el período 1997-2013 para el distrito de Jancas Chico, en función de dos variables, una de temperaturas (temperatura promedio el primer trimestre) y otra de precipitaciones (mm de lluvia promedio del mes de Diciembre del año inmediato anterior a la cosecha).

Si bien los datos no nos permiten contar con un número adecuado de variables, los resultados nos sugieren una relación estadísticamente significativa y con el signo deseado (negativo) en ambas variables (Ver Gráfico 7). Más aún, parecen existir umbrales a partir de los cuales hay mayor probabilidad de que el rendimiento sea menor.

**Gráfico 7: Temperatura y precipitaciones críticas  
Papa en Jacas Chico**



Fuente: SENAMHI, MINAGRI  
Elaboración: Propia

Con el objetivo de identificar la pertinencia de los umbrales, desarrollamos un modelo que nos permita identificar si los umbrales son también estadísticamente significativos tanto modelados de manera independiente, como de manera conjunta. En el modelo “Disparador 1” probamos la hipótesis de que cuando las precipitaciones promedio del mes de Diciembre exceden de 6.25mm, el rendimiento de la papa en Jacas Chico cae un poco más de 3 toneladas (equivalente a un 29% del rendimiento promedio en Jacas Chico). De igual manera, probamos la hipótesis de que cuando la temperatura promedio del primer trimestre excede los 14°C (“Disparador 2”), el rendimiento promedio cae poco más de 4 toneladas (39% del rendimiento promedio histórico). En ambos casos las variables en cuestión son variables binarias que toman el valor de “1” cuando se cumple la condición y “0” en otros casos. Los resultados nos muestran que las hipótesis no pueden ser rechazadas por el modelo. Más aún cuando probamos a ambas variables conjuntamente (modelo “Ambos”) observamos significancia estadística y negativa, que nos indica que cuando se dan ambos eventos en conjunto el rendimiento podría caer hasta en 6 toneladas (57% del rendimiento promedio histórico). Finalmente, desarrollamos un disparador conjunto que toma el valor de “0” cuando no se cumple ninguna condición, “1”

si se cumple alguna condición; y “2” si es que se cumplen las dos condiciones. El coeficiente de esta variable es también significativo y negativo.

**Tabla 25: Relación entre rendimientos y temperatura**

Dependiente: Rendimiento Desestacionalizado Promedio	Modelo Lineal	Disparador 1	Disparador 2	Ambos	Disparador Conjunto
Precipitaciones Diciembre (t-1)	-0.904 **				
Temperatura Primer Trimestre	-0.894 **				
<b>Disparadores</b>					
Precipitaciones Diciembre (t-1) > 6.25mm promedio		-3.256 *		-3.197 ***	
Temperatura Primer Trimestre > 14c promedio			-4.345 ***	-3.076 **	
Disparador conjunto					-3.110 **
R2	0.487	0.156	0.394	0.560	0.594
Obs	15	16	16	15	15

Fuente: SENAMHI, MINAGRI

Elaboración: Propia

Nota: \*\*\* significancia al 1%; \*\* significancia al 5%; \* significancia al 10%.

Estos modelos nos muestran la fuerte correlación entre temperaturas, precipitaciones y rendimiento; y nos sugieren que hay espacio para desarrollar un índice climático asociado a ambas variables climáticas. No obstante cabe resaltar que la serie histórica de datos de rendimientos es muy pequeña y se puede ir actualizando año a año, con el objetivo de confirmar estos hallazgos preliminares.

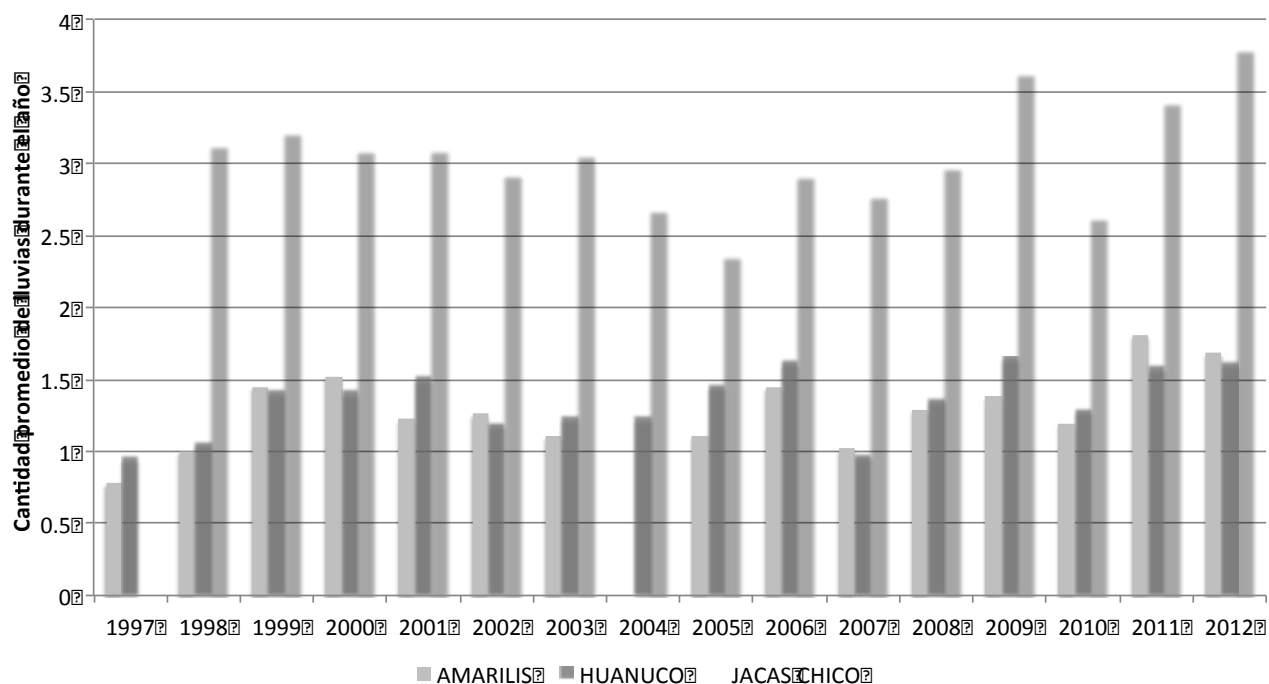
Es importante mencionar que en ningún caso hemos observado que ocurra un daño catastrófico (rendimiento que caiga por debajo del 40% del rendimiento promedio histórico). Incluso en el caso en que se den ambos fenómenos conjuntamente, la reducción en el promedio es ligeramente superior que al rendimiento crítico catastrófico.

### Huánuco y Amarilis

En el caso de los distritos de Huánuco y Amarilis (que se encuentran muy cercanos), la producción de papa se concentra en los meses de Abril-Junio (50% de la producción) y Noviembre-Diciembre (24%). En estos distritos, las lluvias son significativamente menores que en el caso de Jacas Chico y se puede presentar quizás un fenómeno inverso al observado en el caso anterior, en el que las lluvias y el rendimiento tienen una relación estadística positiva, que implicaría que a mayor presencia de lluvias mayor sería el rendimiento, ya que estas lluvias promueven el crecimiento de la planta sin atraer a la

rancha (Ver Tabla 26, primera columna). El gráfico de la página siguiente nos presenta una comparación entre las lluvias promedio anuales de Jacas Chico, y de Huánuco y Amarilis.

**Gráfico 8: Precipitaciones anuales promedio  
Papa en Jacas Chico y Huánuco**



Fuente: SENAMHI, MINAGRI  
Elaboración: Propia

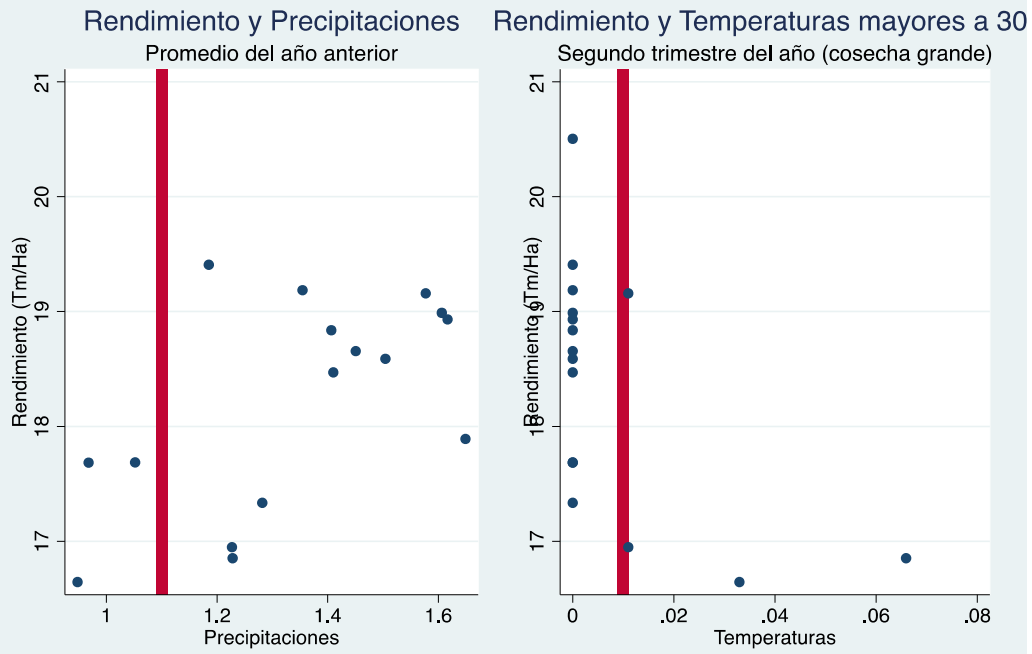
Como sabemos, las altas temperaturas suelen afectar negativamente a la papa, que es principalmente un cultivo de clima frío (o templado durante la siembra), en particular en período de cosecha. El resultado de algunos cruces de información, nos indican que en se presentaron algunos días con temperaturas por encima de los 30°C, que terminaron afectando el rendimiento de la papa en ambos distritos (Ver Tabla 26).

En el siguiente gráfico presentamos las relaciones entre el rendimiento y las precipitaciones promedio del año anterior y el porcentaje de días que hubo de temperaturas mayores a 30°C durante el segundo trimestre del año en producción. A partir de este gráfico se pueden identificar algunas hipótesis de las relaciones entre estas variables y los posibles disparadores que afectarían el rendimiento significativamente.

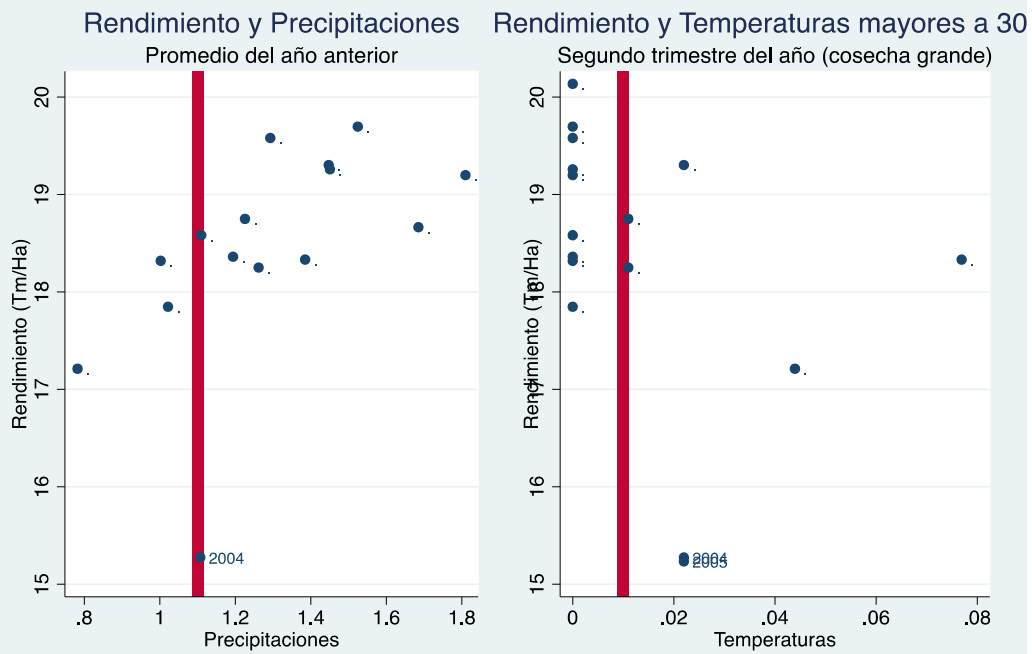
**Gráfico 9: Temperatura máxima y precipitaciones críticas  
Papa en Huánuco y Amarilis**



## Papa en Huanuco



## Papa en Amarilis



Fuente:

En la tabla siguiente se presenta el resultado de las pruebas de hipótesis. Una primera hipótesis es que si las precipitaciones promedio anuales están por debajo de 1.1mm entonces, el rendimiento promedio del siguiente año cae significativamente. Una segunda hipótesis es que si hay más de 1% de los días del segundo trimestre del año producción en el que la temperatura supera los 30°C, entonces el rendimiento será menor. Los resultados de los modelos lineales nos muestran que no se pueden rechazar las hipótesis planteadas en ningún caso. Más aún cuando utilizamos ambas hipótesis de manera conjunta, los resultados son similares. La tabla 26 resume nuestros hallazgos para ambos distritos:

**Tabla 26: Relación entre rendimientos y temperatura (Huánuco)**

DISTRITO DE HUANUCO	Modelo Lineal	Disparador 1	Disparador 2	Ambos	Disparador Conjunto
Dependiente: Rendimiento desestacionalizado promedio					
Precipitaciones Año Anterior (t-1)	2.311 ***				
% días temperaturas > 30°C en Segundo Trimestre	-22.946 ***				
<b>Disparadores</b>					
Precipitaciones Año Anterior (t-1) < 1.1mm promedio		-1.065 **		-1.020 ***	
Al menos un día con Temp. Max > 30°C Segundo Trim.			-1.288 *	-1.054 *	
Disparador conjunto					-1.039 ***
R2	0.571	0.165	0.237	0.415	0.460
Obs	15	16	16	15	15

DISTRITO DE AMARILIS	Modelo Lineal	Disparador 1	Disparador 2	Ambos	Disparador Conjunto
Dependiente: Rendimiento desestacionalizado promedio					
Precipitaciones Año Anterior (t-1)	2.517 ***				
% días temperaturas > 30°C en Segundo Trimestre	-12.520 *				
<b>Disparadores</b>					
Precipitaciones Año Anterior (t-1) < 1.1mm promedio		-1.492 **		-1.570 ***	
Al menos un día con Temp. Max > 30°C Segundo Trim.			-1.519 **	-1.068 **	
Disparador conjunto					-1.311 ***
R2	0.319	0.394	0.254	0.611	0.615
Obs	14	15	16	14	14

Fuente: SENAMHI, MINAGRI

Elaboración: Propia

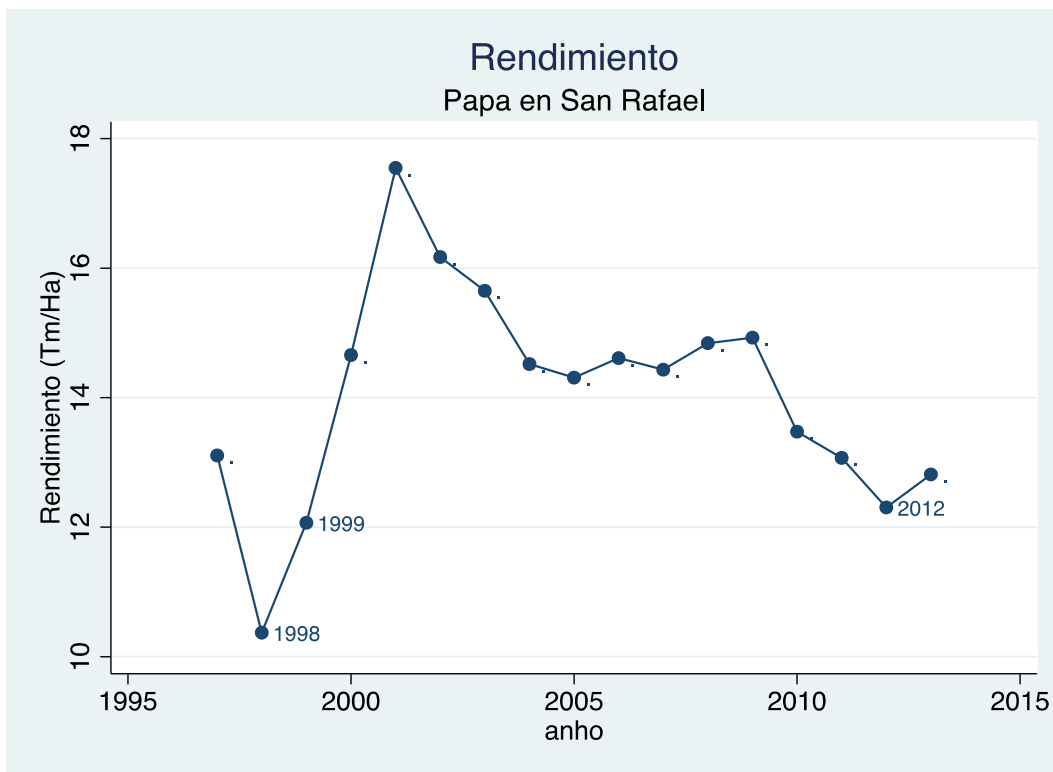
Nota: \*\*\* significancia al 1%; \*\* significancia al 5%; \* significancia al 10%.

Observamos que en el caso tanto de Amarilis como de Huánuco la exposición a pocas precipitaciones (inferiores a 1.1mm promedio anual) y a pocos días cálidos en la época de cosecha (temperaturas mayores a 30°C), genera caídas significativas en el rendimiento promedio. Sin embargo, es necesario mencionar que en el caso más dramático que ocurran ambos fenómenos en una misma campaña, la reducción en el rendimiento sería de 2 toneladas en el caso de Huánuco (11% del rendimiento promedio histórico) y 2.6 toneladas en Amarilis (14% del rendimiento promedio histórico)

### San Rafael

En el distrito de San Rafael, la producción de papa se concentra en los meses de Marzo-Mayo (43% de la producción total), y los meses de Noviembre y Diciembre (24%). En este distrito los años en los que más se afectó la papa en términos de rendimiento promedio han sido 1998, 1999 y 2012, como se muestra en el gráfico siguiente:

### **Gráfico 10: Evolución de rendimientos (tm/ha)**

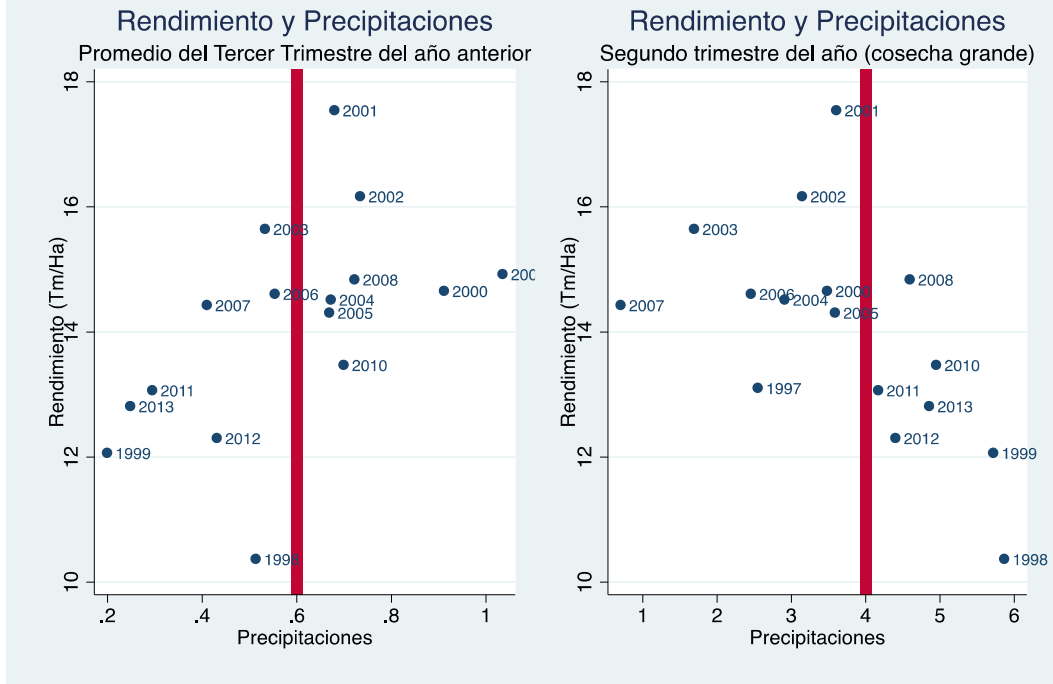


Fuente: MINAGRI  
 Elaboración: Propia

Si bien observamos ciertas correlaciones importantes, en particular con las precipitaciones, no hemos podido identificar puntos de quiebre que diferencien los años especialmente malos que sufrieron los productores de papa en San Rafael. Por un lado encontramos que si se registran precipitaciones promedio muy pequeñas (por debajo de 0.6mm) durante el tercer trimestre del año anterior (época de siembras), entonces el rendimiento promedio observado es mucho menor. Por otro lado, si durante el mes de Febrero, las temperaturas exceden de 4mm, entonces es muy probable que la alta concentración de humedad en meses críticos de cosecha atraigan a la ranca.

**Gráfico 11: Precipitaciones críticas**

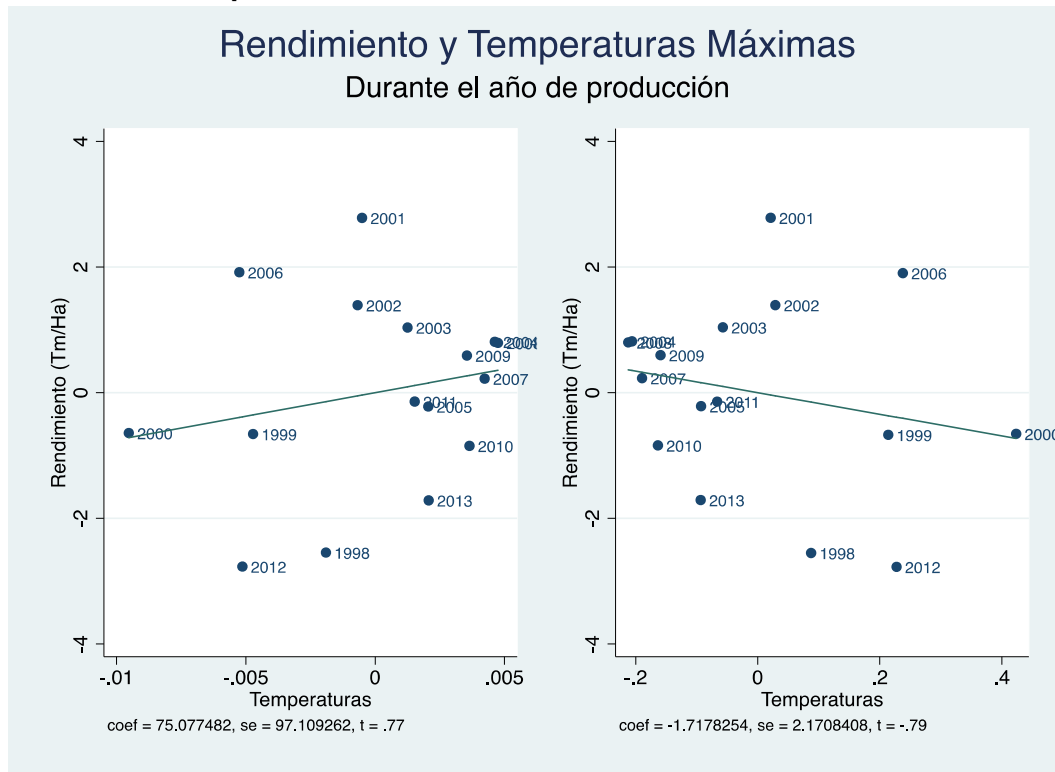
## Papa en San Rafael



Fuente: SENAMHI, MINAGRI  
Elaboración: Propia

Por otro lado, trabajamos de manera independiente la relación entre el rendimiento de la papa en San Rafael y la temperatura máxima durante el año de producción. Encontramos una relación no lineal (cuadrática) que nos permite identificar una correlación entre ambas variables. Sin embargo, cuando se combinan las variables de temperatura con las de precipitaciones se pierde significancia estadística.

**Gráfico 12: Temperaturas críticas**



Fuente: SENAMHI, MINAGRI  
Elaboración: Propia

Concluimos entonces que para San Rafael, si bien se han identificado correlaciones importantes, no hay data suficiente para poder entender mejor las correlaciones en este distrito. Las limitaciones de datos se hacen más evidentes en este caso, en el que no es posible delimitar claramente el daño severo de la variabilidad típica del rendimiento.

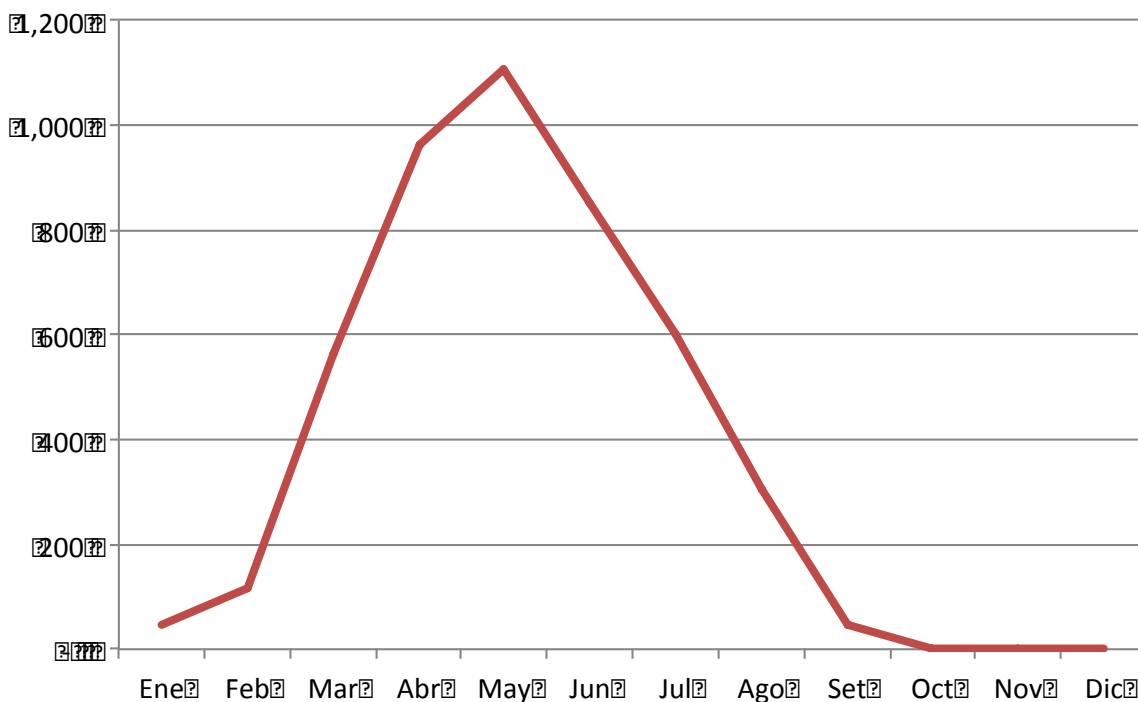
Es importante recordar que en el caso de Huánuco, las estaciones meteorológicas disponibles solamente cubren un margen muy reducido de espacio y están concentradas en distritos muy poco productores de papa (menos del 7% de la producción regional). Si es que se necesita desarrollar esquemas de aseguramiento para proteger grandes áreas del cultivo de papa este no es el mecanismo más apropiado por la falta de información de rendimientos.

## El caso de la café en Junín

En el caso de Junín encontramos tan solo una estación meteorológica (Satipo) que estaba ubicada en una zona cafetalera. El distrito de Satipo se caracteriza por ser el quinto distrito productor de café en Junín, cubriendo el 6% del total producido en la región.

La producción de café en Satipo se concentra entre los meses de Abril y Junio (64%), pudiendo extenderse a Marzo y Julio (25% adicional). El gráfico siguiente muestra la producción de café promedio mensual (2009 – 2013) para este distrito.

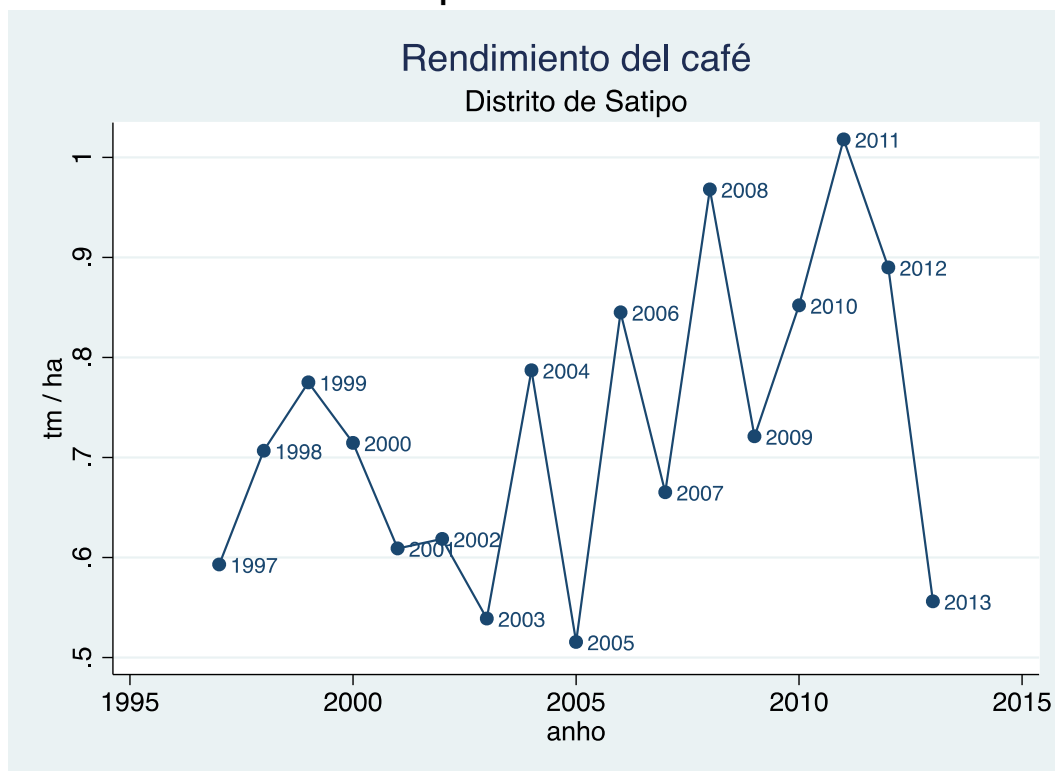
**Gráfico 13: Meses de producción de café en Satipo (Tm)**



Fuente: MINAGRI  
Elaboración: Propia

Como podemos observar en el gráfico siguiente, la producción de café en Satipo tuvo tres años críticos: 2003, 2005 y 2013, año en que se vio severamente afectado por la roya, siendo su productividad media de 0.55 tm/ha. Los años 1997, 2001 y 2002 también fueron años de rendimientos bajos, aunque mantuvieron una productividad promedio de 0.6 tm/ha de pergamino seco.

**Gráfico 14: Años críticos en la producción de café**



Fuente: MINAGRI  
Elaboración: Propia

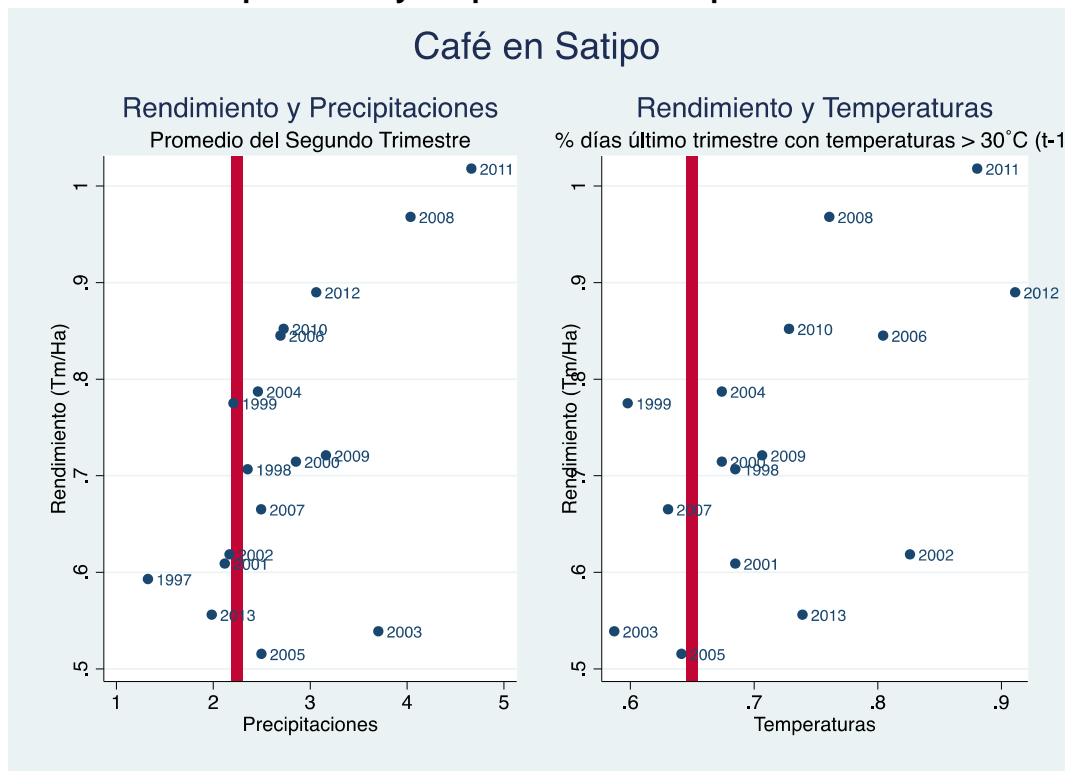
Para establecer las correlaciones necesarias entre el rendimiento y variables climáticas, encontramos que no ha sido posible establecer relaciones claramente identificables que permitan representar a todos los años malos que se pueden observar en el Gráfico 14. Por un lado las precipitaciones promedio del segundo trimestre parecen ser un elemento central para la determinación del rendimiento promedio, en el que se puede identificar que cuando las precipitaciones promedio durante la época de cosecha caen por debajo de 2.25mm, el rendimiento promedio se ve afectado. Esto se puede apreciar en los años 1997, 2013, 2003 y 2005. Sin embargo no es capaz de identificar a los años 2003 y 2005 que son los años de más bajos rendimientos.

Por otro lado, identificamos que cuando menos del 65% de los días del último trimestre del año excede los 30°C, el rendimiento promedio cae significativamente. Este indicador si bien captura los bajos rendimientos de los años 2003 y 2005, también incluye a los años 1999 y 2007 que no necesariamente son años de rendimientos bajos.

Es así que decidimos considerar los dos indicadores de manera conjunta con el objetivo de capturar la mayor parte de años malos y ver cómo interactúan conjuntamente para explicar los rendimientos desestacionalizados de café. El gráfico siguiente muestra nuestros hallazgos.



**Gráfico 15: Precipitaciones y temperaturas en Satipo**



Fuente: MINAGRI  
Elaboración: Propia

Quando probamos la hipótesis de que ambas variables en conjunto afectan el rendimiento del café en Satipo, encontramos que en ambos casos hay una relación positiva y significativa entre el rendimiento y las precipitaciones del primer trimestre y el porcentaje de días con temperaturas mayores a 30°C en el último trimestre del año anterior de producción.

Luego, usando los niveles críticos identificados previamente, encontramos que cuando las precipitaciones caen por debajo de 2.25mm en promedio, el rendimiento cae significativamente en 0.13 toneladas. De igual manera, cuando el porcentaje de días con temperaturas mayores a 30°C en el último trimestre del año anterior a la producción es menor al 65%, entonces el rendimiento promedio cae en 0.15 toneladas (equivalente a un 20% del rendimiento promedio histórico).

**Tabla 26: Relación entre rendimientos y temperatura (Huánuco)**

DISTRITO DE SATIPO	Modelo Lineal	Disparador 1	Disparador 2	Ambos	Disparador Conjunto
Dependiente: Rendimiento de estacionalizado promedio					
Precipitaciones Segundo Trimestre	0.091 *				
% días temperaturas > 30°C en Último Trimestre (t-1)	0.697 *				
<b>Disparadores</b>					
Precipitaciones Seg. Trim. < 2.25mm promedio		-0.138 **		-0.129	
Al menos un día con Temp. Max > 30°C Últ. Trim. (t-1)			-0.150 *	-0.150	
Disparador conjunto					-0.140 *
R2	0.458	0.132	0.140	0.241	0.293
Obs	16	17	16	16	16

Fuente: SENAMHI, MINAGRI

Elaboración: Propia

Nota: \*\*\* significancia al 1%; \*\* significancia al 5%; \* significancia al 10%.

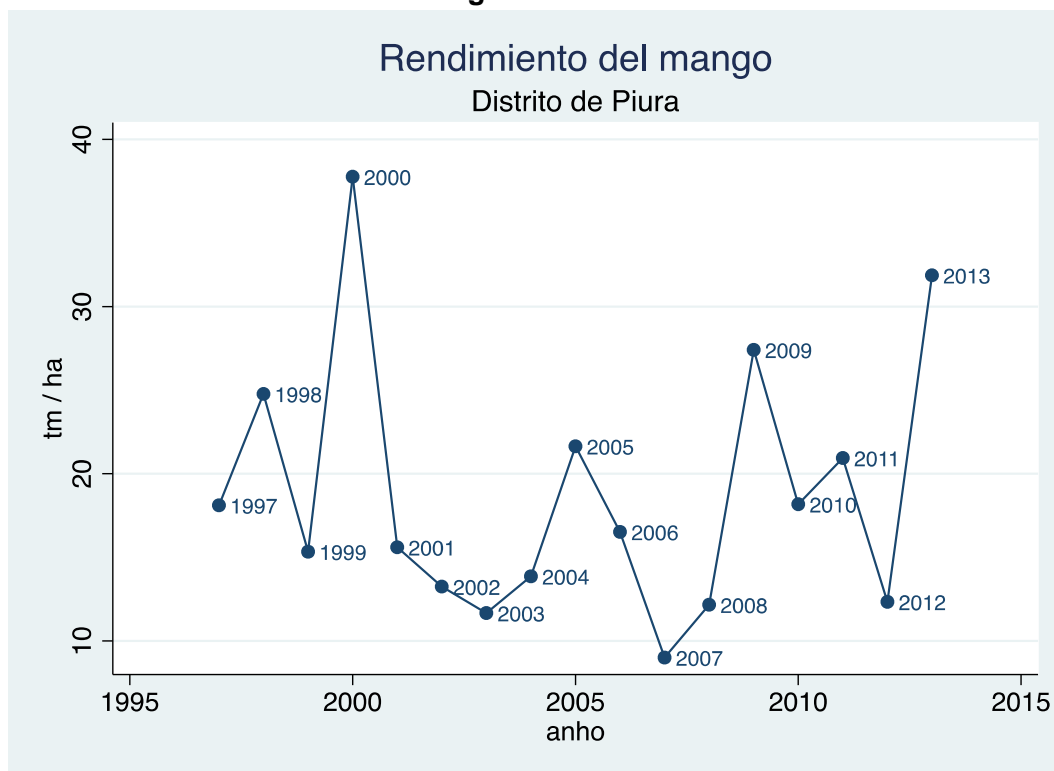
## El caso del mango en Piura

El mango es el tercer producto en importancia en la región (contribuye con el 9% del Valor Bruto de Producción Agrícola) detrás del arroz y el plátano, que contribuyen con un 40% y 15% respectivamente. Alrededor del 59% de todo el mango de la región se produce en Tambo Grande, seguido de Chulucanas (15%) y Las Lomas (14%). El distrito de Piura es el cuarto productor de mango, alcanzando tan solo un 5% del total producido en la región.

Las estaciones meteorológicas en Piura están ubicadas en cuatro distritos productores de mango: Piura, Morropón, Marcavelica y Huarmaca. Sin embargo la producción de los últimos tres conjuntamente no llega ni al 0.3% del volumen producido anualmente. Es así que en esta sección nos concentraremos en analizar la relación entre variables climáticas y la producción de mango en el distrito de Piura.

La producción de mango se realiza entre los meses de Noviembre y Abril, de allí que con el objetivo de recoger una campaña completa, ideal hubiera sido considerar todo este período como una sola cosecha. El gráfico siguiente muestra la volatilidad del rendimiento del mango en el período 1998-2013 que oscila entre 9 tm/ha y 37 tm/ha. El año más malo para el mango aparentemente ha sido el 2007 con un rendimiento promedio de 9 tm/ha; no obstante los años 2002, 2003, 2004 y 2008 y 2012 si bien fueron mejores, fueron lo suficientemente malos llegando a un rendimiento promedio de 12 tm/ha.

**Gráfico 16: Rendimiento del mango en Piura**



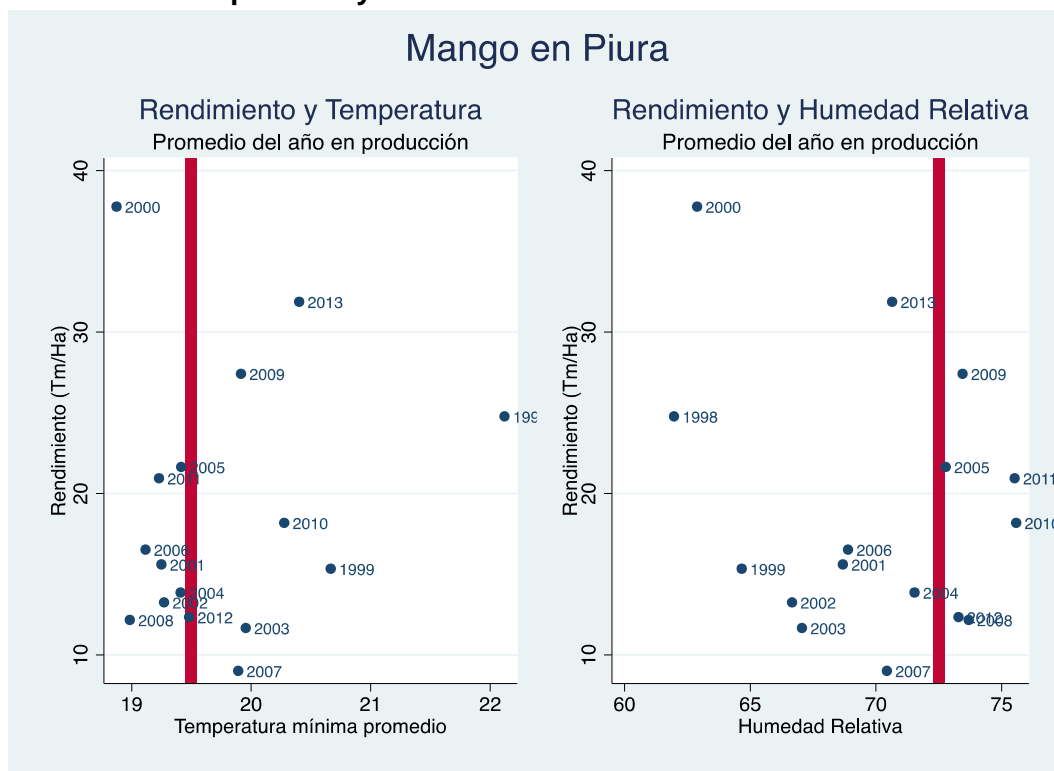
Fuente: MINAGRI  
Elaboración: Propia

El mango es un cultivo de temperaturas cálidas (entre 22°C y 25°C), y la cosecha del mango se realiza en época de verano. Por su parte, diversos estudios consideran que la humedad relativa del mango ha de ser menor a 70% para su óptimo desarrollo. Sobre la base de estas consideraciones, creamos dos variables: una de temperatura que considera el promedio anual de la temperatura mínima registrada en las estaciones meteorológicas y otra que es la humedad relativa promedio anual.

No encontramos una relación positiva entre la temperatura mínima y el rendimiento del mango. Más aún, cuando la temperatura mínima promedio anual cae por debajo de 19.5°C no hay evidencia de que el rendimiento sea menor. Por otro lado, encontramos una débil relación negativa entre el rendimiento y la humedad relativa. No encontramos respaldo suficiente para probar lo que sugiere la teoría agronómica, que indica que cuando la humedad relativa es mayor a 72.5%, el rendimiento promedio tiende a ser significativamente menor.

Luego de probar múltiples especificaciones análogas encontramos que no hay mayor evidencia que respalde la posibilidad de encontrar correlaciones entre las variables climáticas y el rendimiento. No obstante vale la pena mencionar que de los datos del MINAGRI no se puede identificar claramente el área involucrada durante la campaña que comprende los meses de Noviembre – Abril, por lo que se dificulta un análisis más específico del rendimiento promedio del mango por campaña.

**Gráfico 17: Temperatura y Humedad Relativa en Piura**



Fuente: SENAMHI, MINAGRI

Elaboración: Propia

## El caso del Maíz Amiláceo en Cusco

El maíz amiláceo es el tercer cultivo en importancia en la región, y representa el 15% del valor bruto de producción (VBPA). Está precedido en importancia por la papa y el café (26% y 18% de aporte al VBPA). La cosecha de este cultivo se realiza entre los meses de marzo y julio y está distribuida a lo largo de un total de 88 distritos, de los cuales los quince primeros representan el 51% de la superficie cosechada.

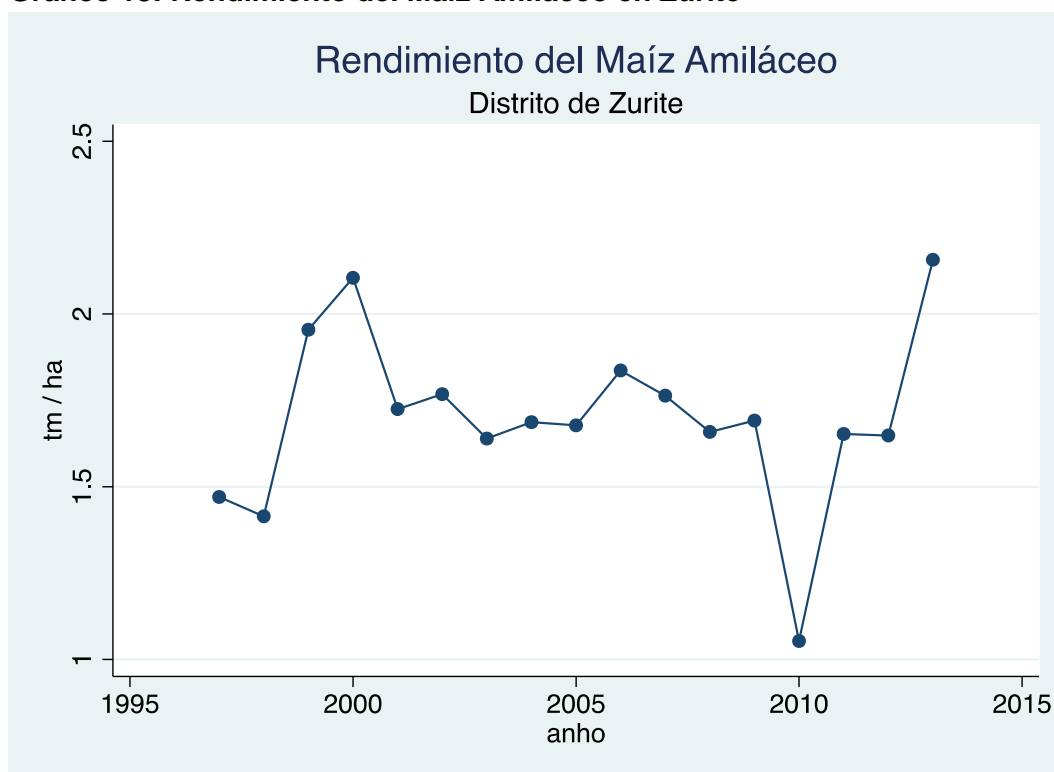
Luego de emparejar la información del MINAGRI con la de las estaciones meteorológicas, nos quedamos con un total de doce distritos que producen maíz amiláceo y que cuentan con información de ambas fuentes. A continuación presentaremos un par de casos que fueron elegidos según su importancia económica en la provincia a la que pertenecen.

## Zurite<sup>29</sup>

Zurite es un distrito ubicado en la provincia de Anta y que produce alrededor de 1600 toneladas de maíz amiláceo al año, lo que representa alrededor del 2.9% del total producido de este cultivo en Cusco.

La cosecha de maíz en este distrito se concentran entre los meses de Mayo y Junio (97% de la producción total), de allí que podemos estimar que el momento de siembra del maíz se presenta entre los meses de Octubre a Diciembre, etapa crítica para el desarrollo del cultivo. Como se muestra en el Gráfico 18, el peor año del rendimiento del maíz amiláceo en este distrito fue en el año 2010.

**Gráfico 18: Rendimiento del Maíz Amiláceo en Zurite**



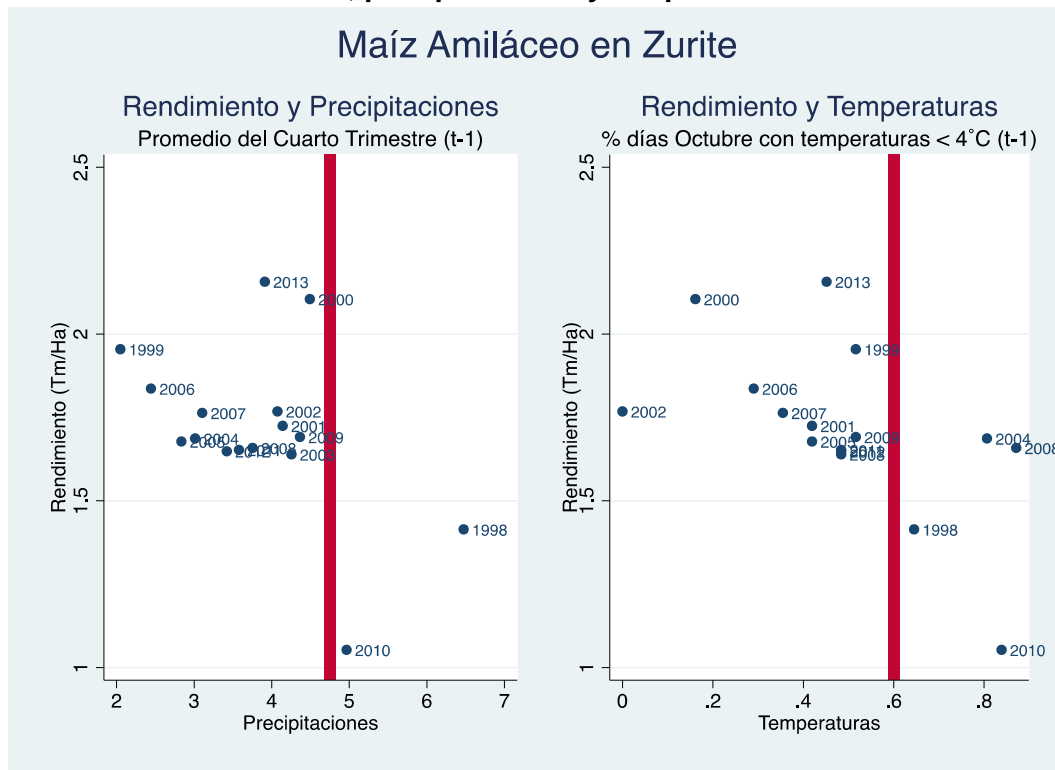
Fuente: MINAGRI  
Elaboración: Propia

Las variables que hemos considerado para estimar la relación entre clima y rendimiento son las precipitaciones durante el cuarto trimestre del año previo a la cosecha; y la temperatura promedio durante el mes de siembra. Encontramos relaciones significativas y negativas en ambos casos. Por un lado encontramos que a mayor volumen de precipitaciones durante el cuarto trimestre del año previo a la cosecha, menor es el

<sup>29</sup> La información del MINAGRI de rendimientos de maíz en Zurite tiene una tendencia cuadrática. De allí que tuvimos que desestacionalizar los datos originales a través de un método no lineal.

rendimiento obtenido, en particular cuando el volumen de lluvias promedio está por encima de los 5mm. Igualmente, encontramos que hay una relación negativa entre el número promedio de días con temperaturas menores a 4°C durante el mes de Octubre y el rendimiento del maíz. Según el MINAGRI, la temperatura óptima del suelo para sembrar el maíz amiláceo es de 10°C y que esta vaya incrementándose paulatinamente. En tal sentido, mientras más frío sea el mes de la siembra, menor será el rendimiento promedio.

**Gráfico 19: Rendimiento, precipitaciones y temperaturas**



Fuente: MINAGRI  
Elaboración: Propia

Con la información de las correlaciones, desarrollamos un modelo para probar la relación estadística entre las variables climáticas y el rendimiento. En la Tabla 27 presentamos los resultados. El modelo lineal simple nos muestra una relación negativa y estadísticamente significativa entre las variables climáticas y el rendimiento del maíz amiláceo en Zurite. Seguidamente presentamos algunos modelos en los que probamos los disparadores sugeridos en los gráficos. Por un lado, encontramos que cuando las precipitaciones promedio durante el cuarto trimestre exceden los 4.5mm, el rendimiento cae en 0.57 toneladas (33% del rendimiento promedio). Cuando probamos independientemente la hipótesis de que cuando el porcentaje de días con frío (menos de 4°C) el rendimiento es significativamente menor. Si bien el signo es el esperado, los resultados no son concluyentes. Sin embargo, cuando juntamos ambos indicadores, encontramos una fuerte

significancia conjunta. Es decir, si es que las precipitaciones en el cuarto trimestre son mayores de 4.5mm y más del 65% de los días de Octubre son fríos (menos de 4°C), entonces, el rendimiento cae en un 39% (0.66 toneladas).

**Tabla 27: Estimando algunos determinantes del rendimiento promedio**

DISTRITO DE ZURITE	Modelo Lineal	Disparador 1	Disparador 2	Ambos	Disparador Conjunto
Dependiente: Rendimiento estacionalizado promedio					
Precipitaciones Cuarto Trimestre (t-1)	-0.088 **				
% días con temperaturas < 4°C en Octubre (t-1)	-0.557 *				
<b>Disparadores</b>					
Precipitaciones Cuarto Trim > 4.75mm promedio		-0.549 ***		-0.485 ***	
% días con Temp. Max < 4°C Octubre (t-1) > 65%			-0.305	-0.181 **	
Disparador Conjunto					-0.314 ***
R2	0.366	0.510	0.179	0.559	0.518
Obs	16	16	16	16	16

Fuente: SENAMHI, MINAGRI

Elaboración: Propia

Nota: \*\*\* significancia al 1%; \*\* significancia al 5%; \* significancia al 10%.

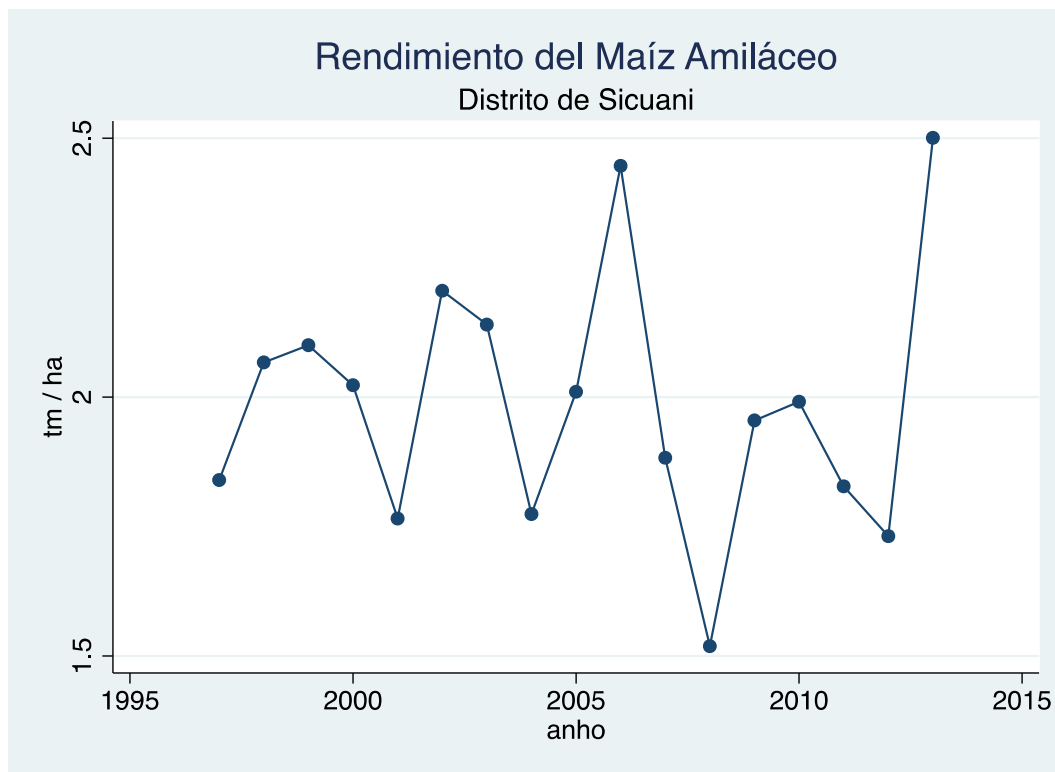
### Sicuari

Sicuari es un distrito ubicado en la provincia de Canchis y que produce alrededor de 1300 toneladas de maíz amiláceo al año, lo que representa alrededor del 2.2% del total producido de este cultivo en Cusco.

La cosecha de maíz en este distrito se desarrolla entre los meses de Junio y Julio, de allí que hay que considerar que las siembras han de producirse entre los meses de Noviembre y Diciembre. Según el MINAGRI, la época de siembras ha de caracterizarse por tener un clima frío; sin embargo, cuando el frío es extremo esto afecta negativamente a la planta, reduciendo el rendimiento.

El gráfico siguiente muestra el rendimiento promedio del maíz amiláceo en Sicuari. Como se puede observar, el rendimiento del maíz amiláceo es muy variable. Durante los años 2000, 2001, 2004 y 2008 encontramos los años de más baja productividad (1.75 tm/ha).

**Gráfico 20: Rendimiento del Maíz Amiláceo en Sicuani**



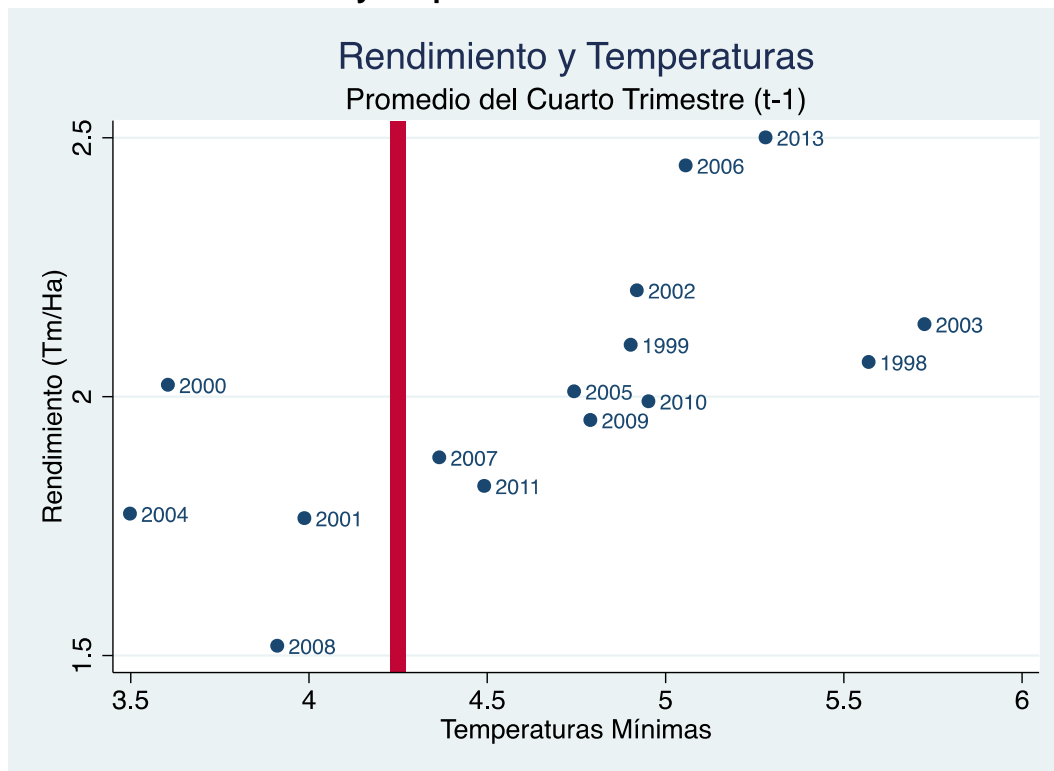
Fuente: MINAGRI  
Elaboración: Propia

La variable que hemos considerado para estimar la relación entre clima y rendimiento en este caso es la temperatura mínima durante el período de siembra del cultivo. Encontramos una relación positiva y estadísticamente significativa, en la que se puede identificar que mientras más fría sea la temporada de cosecha, menor será el rendimiento del cultivo.

Como podemos observar en el gráfico siguiente, cuando la temperatura mínima promedio en el cuarto trimestre se encuentra por debajo de 4.25, el rendimiento promedio tiende a ser menor, con excepción del rendimiento mostrado durante el año 2000, que exhibe un rendimiento significativo.



**Gráfico 21: Rendimiento y temperaturas mínimas**



Fuente: MINAGRI  
Elaboración: Propia

Con la información de las correlaciones, desarrollamos un modelo para probar la relación estadística entre las variables climáticas y el rendimiento. En la Tabla 28 presentamos los resultados. El modelo lineal simple nos muestra una relación positiva y estadísticamente significativa entre la temperatura y el rendimiento del maíz amiláceo en Sicuani. Paralelamente presentamos un modelo en el que probamos el disparador sugerido (temperatura menor a 4.25°C). Encontramos que cuando las temperaturas en el último trimestre del año (época de siembras) están en promedio por debajo de 4.25°C, el rendimiento tiende a ser un 18% menor (caída del rendimiento en 0.35 toneladas). El modelo tiene una alta significancia estadística y exhibe un alto nivel de bondad de ajuste.

**Tabla 28: Estimando determinantes del rendimiento promedio de maíz amiláceo**

Variable	OLS	Disparador
tmin_q4 L1.	.25094097**	
trigger		-.35874052***
_cons	.84618298*	2.1573184***
r2	.43967432	.51063509
N	15	15

Legend: \* p<.1; \*\* p<.05; \*\*\* p<.01

Fuente: SENAMHI, MINAGRI

Elaboración: Propia

Nota: \*\*\* significancia al 1%; \*\* significancia al 5%; \* significancia al 10%.

## Notas sobre correlaciones y la factibilidad de desarrollar un seguro climático indexado

- En esta sección hemos desarrollado un ejercicio estadístico para identificar la correlación entre variables climáticas y el rendimiento de un cultivo en un distrito en particular. Para tales fines, el MINAGRI solicitó trabajar cuatro cultivos en cuatro regiones: Papa en Huánuco; Maíz Amiláceo en Cusco o Cajamarca (se eligió trabajar en Cusco por la importancia relativa del cultivo en la región); Mango en Piura; y, Café en Junín.
- El análisis de correlaciones entre variables climáticas y el rendimiento es el primer paso para desarrollar un seguro indexado al clima y nos permite conocer la factibilidad técnica de su desarrollo. Un aspecto que se ha tratado de manera tangencial, pero que es de mucha importancia para el desarrollo de este seguro se refiere al riesgo de base, del cual uno de sus componentes centrales se basa en la bondad de ajuste de las correlaciones encontradas.
- Una fuerte limitación de este análisis es que la serie histórica de rendimientos es muy reducida (17 años como máximo) y que las estaciones meteorológicas no necesariamente son muy representativas de los distritos donde están ubicadas. A pesar de estas limitaciones, desarrollamos un conjunto de aplicaciones estadísticas para indagar por las correlaciones solicitadas.

- En el caso de la papa en Huánuco, las estaciones meteorológicas no estaban ubicadas cerca de las zonas de producción, dejándonos un conjunto de cuatro distritos que representaban alrededor del 7% de la producción en la zona. En general, encontramos una importante correlación entre las variables climáticas y variables de temperatura y precipitaciones (Jacas Chico, Huánuco y Amarilis). Identificamos potenciales disparadores que cuando fueron probados individual y conjuntamente en un modelo econométrico respondieron satisfactoriamente, con el signo esperado y con un alto nivel de bondad de ajuste. En el caso de San Rafael, si bien encontramos algunas correlaciones mínimas, no fueron suficientes para considerar que éstas eran suficientemente sólidas como para profundizar en ellas.
- En el caso del café en Junín, encontramos que la única estación meteorológica ubicada en la zona cafetalera correspondía a Satipo, que respondía por un 6% del volumen de producción total de la región. Encontramos una correlación moderada con variables de precipitaciones y temperaturas y cuando analizamos algunos potenciales disparadores, encontramos niveles moderados de correlación y con bajos niveles de bondad de ajuste.
- En el caso del mango en Piura, si bien identificamos cuatro distritos productores de mango y con estaciones meteorológicas, nos concentramos en el distrito de Piura, debido a que los otros tres distritos conjuntamente no alcanzaban el 0.3% de la producción anual. En el caso del mango, los problemas de información fueron significativamente mayores dado que las cosechas de este producto se realizan entre Noviembre y Marzo, partiendo el año estadístico en dos. Dado el mecanismo de recolección de datos de áreas cosechadas del MINAGRI para cultivos permanentes no es posible trabajar una campaña de manera conjunta. En este caso, la volatilidad del rendimiento del mango, no nos permitió encontrar correlación alguna con variables climáticas.
- Por otro lado, en el caso del maíz amiláceo en Cusco, decidimos concentrar los esfuerzos en dos distritos: Zurite y Sicuani. En el caso de Zurite encontramos una relación estadísticamente significativa entre las precipitaciones en el trimestre de siembra y la temperatura en el mes de siembra, con los rendimientos. Esta relación fue puesta en prueba en un modelo econométrico, en el que se comprobó que pasados ciertos umbrales de temperaturas y precipitaciones, el rendimiento promedio tiende a caer. Este efecto se potencia cuando se desarrolla el índice conjunto. En el caso de Sicuani, encontramos una relación estadísticamente significativa entre las temperaturas mínimas del trimestre de siembra y el rendimiento promedio. El modelo es capaz de identificar los años malos con relativamente alta precisión; no obstante, no logra explicar algunos años con buenos rendimientos.
- Finalmente, consideramos que los datos no son suficientes como para empezar a desarrollar este tipo de modelos. Para explicar los años malos en la mayoría de los casos que fue posible hacerlo, era necesario combinar dos o más indicadores climáticos, y aún así no fue posible separar los años buenos de los malos con un índice.

## 8. Conclusiones y Recomendaciones

- Las primas comerciales no tienen un sustento técnico que las justifique. Es necesario que tanto las empresas aseguradoras como el Estado Peruano, a través del FOGASA y el MINAGRI dediquen esfuerzos a identificar las primas puras de riesgo. Está claro que este es un esfuerzo conjunto y de mediano-largo plazo, que requiere no solamente de estudios técnicos, sino de esfuerzos en mejorar el sistema estadístico actual.
- Hay problemas de información que limitan el desarrollo del Seguro Agrícola Catastrófico (SAC). La información estadística del MINAGRI adolece de problemas de calidad, ámbito y referencia, que limitan el análisis del instrumento.
- El estudio para determinar las primas puras de riesgo basado en los datos del MINAGRI nos permite identificar que para un disparador de 40% del rendimiento histórico promedio, la prima pura de riesgo es menor al 0.5%, independientemente del método utilizado.
- Por otro lado, la metodología de ajuste tiene un problema asociado al tamaño de muestra utilizado (aproximadamente 40% en promedio) y a su incompatibilidad con la metodología para estimar el rendimiento promedio histórico.
- A pesar de estos problemas, la tasa de siniestralidad es muy alta (alrededor del 40%) para el producto desarrollado (a nivel de la región está en un nivel promedio); y esto se debe principalmente a los problemas con la metodología de ajuste.
- En base a lo expuesto, el SAC no es un seguro catastrófico. La alta tasa de siniestralidad registrada no es compatible con un disparador de 40% del rendimiento promedio que ocurre muy rara vez (por definición)
- Si no se cambia la metodología de ajuste es posible todavía cambiar las condiciones del contrato ajustando las primas y el disparador, de tal manera que mantengamos la tasa de siniestralidad bajo un rango controlado.
- Si se cambia la metodología de ajuste (quizás aumentado el tamaño de muestra), entonces los valores estimados se van a aproximar al valor verdadero del rendimiento y por lo tanto va a tender a aproximarse a un valor de una prima pura de riesgo cercana al 1%.
- Una sugerencia para seguir hacia delante en este proceso es que se realicen paulatinamente ajustes al tamaño de muestra en el ajuste, de manera coordinada con las nuevas iniciativas de mejoramiento de la calidad de la información promovidas por el MINAGRI. Desarrollar pilotos aprovechando estos espacios para validar la información estadística y para realizar pequeños estudios de campo en zonas afectadas para afinar todo el sistema de ajuste y verificación de daños.
- Hay muy pocas estaciones meteorológicas y poca confiabilidad en los datos existentes. Esto limita la validez del análisis de correlaciones desarrollado; no lo invalida, pero nos invita a la cautela. Es necesario más información para profundizar un poco más.
- Hemos identificado un conjunto de correlaciones importantes en algunos de los casos sugeridos por el MINAGRI. Estas correlaciones representan un primer paso hacia el

desarrollo de seguros indexados, no obstante hay que tomar en cuenta la importancia de que estos mecanismos de aseguramiento minimicen el riesgo de base.

- Una sola variable climática sola no explica los rendimientos. Es necesario realizar combinaciones entre temperatura, humedad relativa, y precipitaciones, para lograr una explicación parcial del rendimiento.
- Ratificamos lo que hemos presentado en anteriores ocasiones sobre la importancia de contar con un equipo sólido en el MINAGRI que pueda desarrollar técnicamente el SAC y logre las coordinaciones necesarias con las distintas entidades públicas y privadas que forman parte del sistema.
- El sistema es endeble y esto se hace evidente cada vez que el MINAGRI realiza cambios en su estructura. Es fundamental que el equipo de maneja el SAC sea fortalecido. En otros países vecinos con mucho menor presupuesto, han logrado desarrollar esquemas de aseguramiento con mayor solvencia técnica y esto se debe principalmente a que cuentan con equipos formados en el marco de una institucionalidad que permite su desarrollo.
- Hay que fortalecer al equipo del MINAGRI para aumentar su capacidad de análisis y producir mejoras al sistema desde adentro.
- El MINAGRI está desarrollando un conjunto de mejoras al sistema estadístico. Esta es una oportunidad para integrar las necesidades de información en varios espacios en el sector. Proponemos que se desarrolle un trabajo de validación de los datos estadísticos del MINAGRI utilizando las nuevas encuestas que se desarrollarán en el marco del convenio con el BID. Adicionalmente, se sugiere que se incremente el tamaño de muestra de los ajustes y se contraste la información con los datos de las encuestas del MINAGRI, con quienes se deberá solicitar un sobre muestreo en zonas específicas de tal manera que se cuente con información que permita comparar y ajustar metodologías.
- Proponemos que se empiecen a desarrollar pilotos de nuevos esquemas de aseguramiento y sistemas de seguros integrados en el marco de los nuevos programas de desarrollo del sistema de información.
- Una sugerencia sería desarrollar un piloto que consista en un esquema de seguro catastrófico financiado por el Estado y que proteja caídas abruptas en el rendimiento que se presentan con muy poca frecuencia (por ejemplo que proteja caídas de un 50% del rendimiento promedio); y un esquema de seguros indexados al rendimiento promedio comerciales, que permitan proteger una capa adicional de riesgo entre la protección ofrecida por el seguro (por ejemplo, entre un 50% y un 70% de la variabilidad del rendimiento). Esto permitiría no solamente ampliar el número de iniciativas, sino empezar a dinamizar el mercado de seguros agropecuarios en el país.

## Anexo 1: Comparabilidad ENAPROVE y MINAGRI en la Costa Peruana

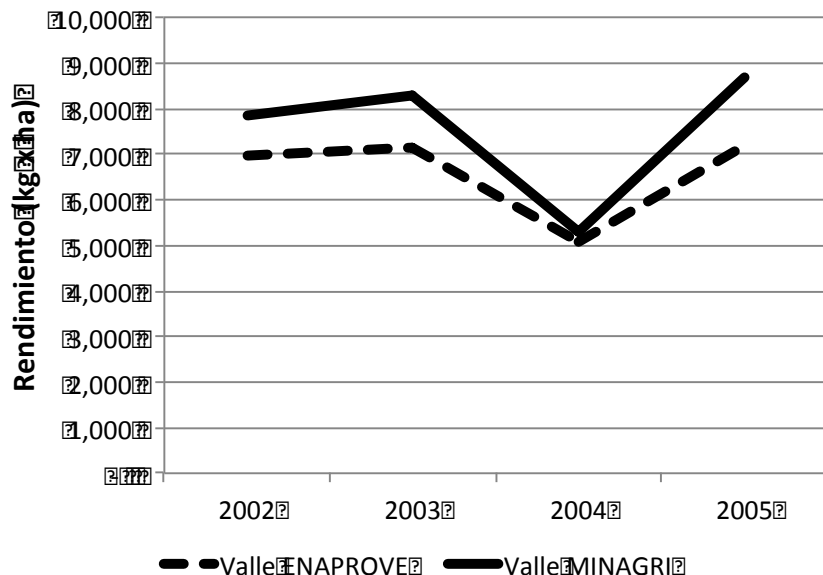
Durante los años 2002-2005 el MINAGRI a través de la ex Dirección General de Información Agraria, desarrolló la ENAPROVE en el marco de un plan de mejoramiento del Sistema Estadístico Agrario Nacional, que consiste en un conjunto de encuestas con un alto nivel de precisión estadística en 54 valles de la Costa Peruana. Si bien la información histórica del MINAGRI es a nivel de distrito y la de la ENAPROVE es a nivel de Valle, haciendo una correspondencia geográfica logramos algunas conclusiones importantes:

- Hay diferencias en los niveles de rendimiento entre ambas encuestas, lo que nos sugiere que la información del MINAGRI ha de tener sesgos de sobre-estimación o sub-estimación.
- Un alto porcentaje de las tendencias es recogido adecuadamente por el MINAGRI, lo que nos indica que esta información si bien no nos dará adecuadamente el rendimiento promedio, captura los cambios en el rendimiento promedio asociados a efectos severos que lo muevan de su tendencia de largo plazo.

Es importante mencionar que la información de ENAPROVE tiene un margen de error aproximado de +/-3% para los principales cultivos de cada valle, mientras que por la naturaleza no probabilística de la información del MINAGRI no se puede estimar un margen de error. A continuación presentaremos dos casos que merecen nuestra atención y reflejan la situación de la calidad de los datos del MINAGRI a través de su comparación con los datos de la ENAPROVE: el arroz en el Valle de Chancay-Lambayeque; y la papa en el Valle de Huaral.

En el caso del arroz, encontramos que a nivel de Valle, hay diferencias importantes en el nivel de rendimiento estimado – una diferencia en el nivel de la información; no obstante, la caída en rendimientos (año 2004) se reflejó en ambas fuentes, no obstante la caída del rendimiento observada por el MINAGRI fue más pronunciada. El gráfico siguiente muestra la evolución de las cifras de ambas fuentes a nivel de valle.

Gráfico A1\_1: El caso del arroz en el Valle de Chancay-Lambayeque



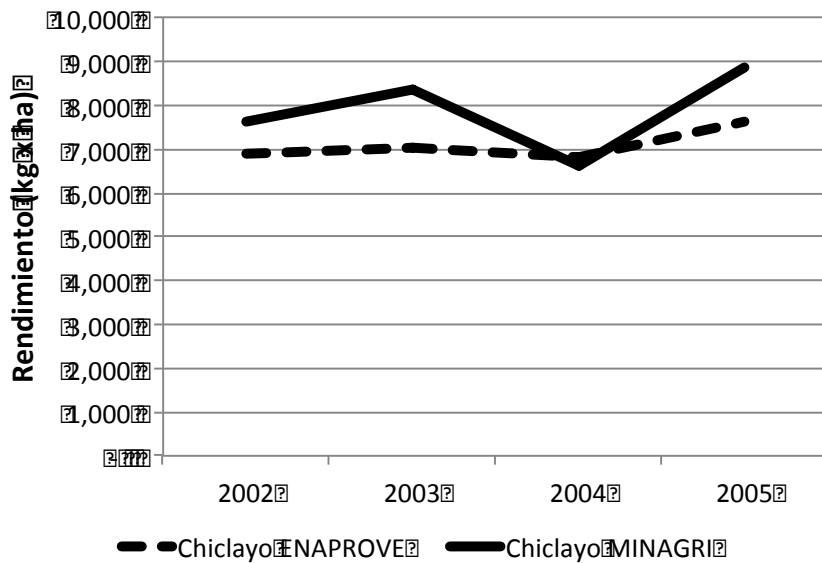
Fuente: ENAPROVE

Elaboración: Propia

Por otro lado, cuando observamos el detalle a nivel de provincia, encontramos figuras diferenciadas en ambas fuentes de información. Por un lado, en la provincia de Chiclayo, ambas metodologías no están coordinadas, aunque parece que no hubo ningún evento inesperado que afecte el rendimiento severamente. En contraste, en Ferreñafe parece que hay mucha similitud en la información proveniente de ambas fuentes, en las que tanto los niveles como los cambios son equivalentes en ambas fuentes de información. Finalmente, la provincia de Lambayeque nos muestra que si bien no se reflejan adecuadamente los niveles en la información del MINAGRI (sobre-estimación), las caídas en el rendimiento se reflejan claramente siguiendo los mismos patrones.

## Gráfico A1\_2: El arroz en las provincias que constituyen el Valle de Chancay-Lambayeque

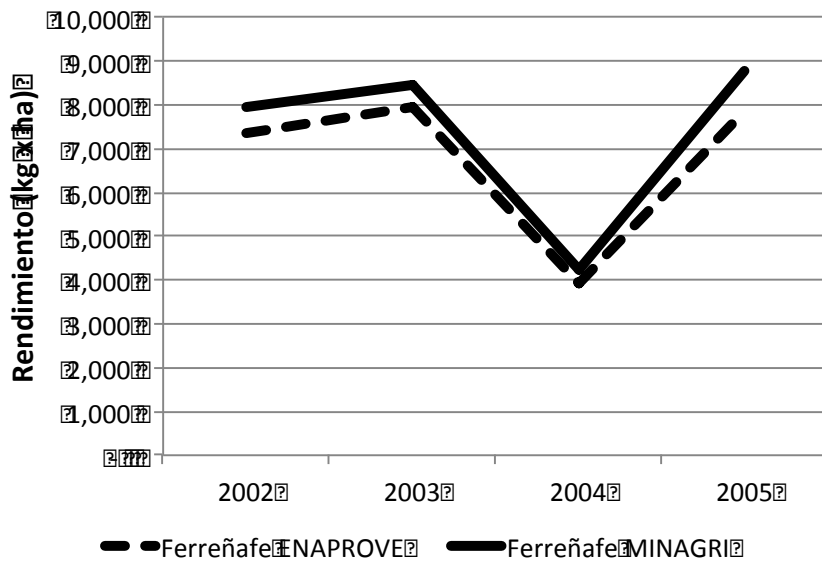
### (a) Provincia de Chiclayo



Fuente: ENAPROVE

Elaboración: Propia

### (b) Provincia de Ferreñafe

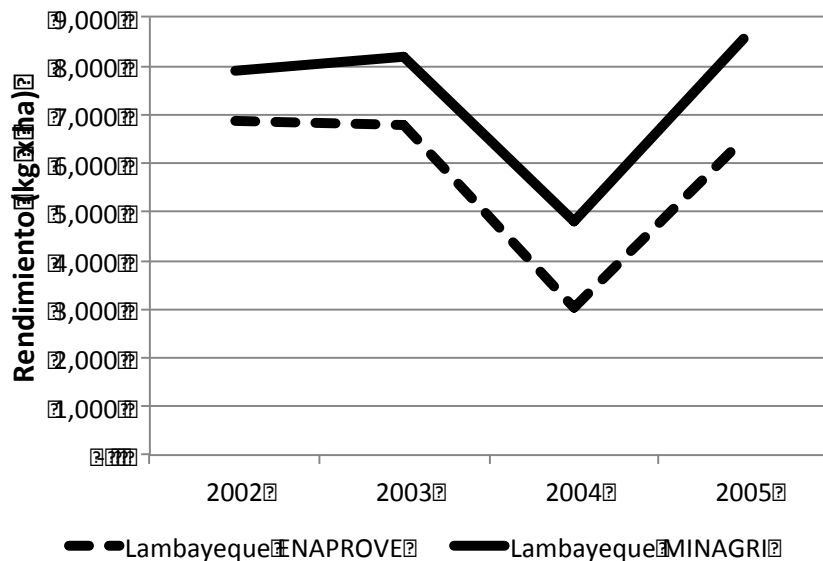


Fuente: ENAPROVE

Elaboración: Propia



### (c) Provincia de Lambayeque

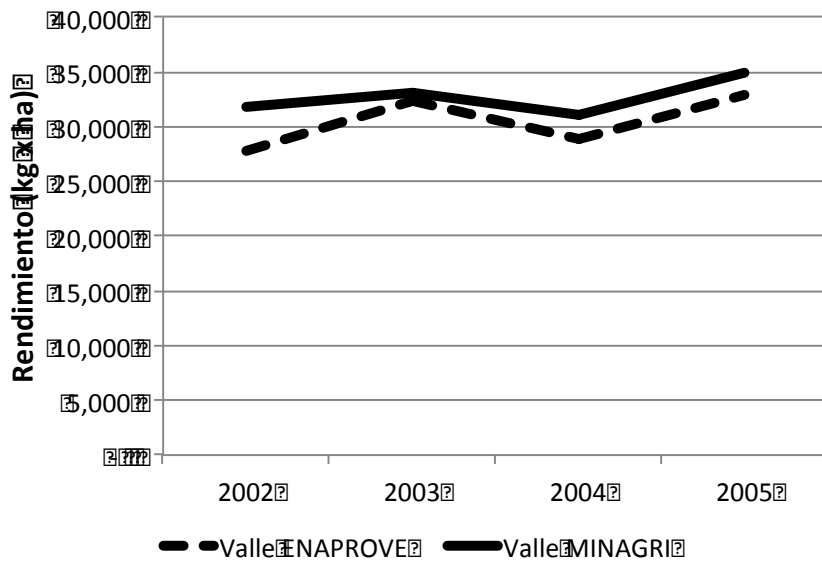


Fuente: ENAPROVE

Elaboración: Propia

Por otro lado, en el caso de la papa en el Valle de Huaral, observamos igualmente cierta similitud en los niveles entre ambas metodologías. A pesar de estas similitudes, mientras los datos de ENAPROVE tienen una precisión estadística de +/- 3% en el caso de la papa, la diferencia con los datos del MINAGRI pueden ser muy significativas. Por ejemplo, en el año 2002, la diferencia de rendimientos estimados es de aproximadamente unos 5000 kilos, que equivalen a un 14% de sobre-estimación por parte del MINAGRI.

**Gráfico A1\_3: La papa en el Valle de Huaral**



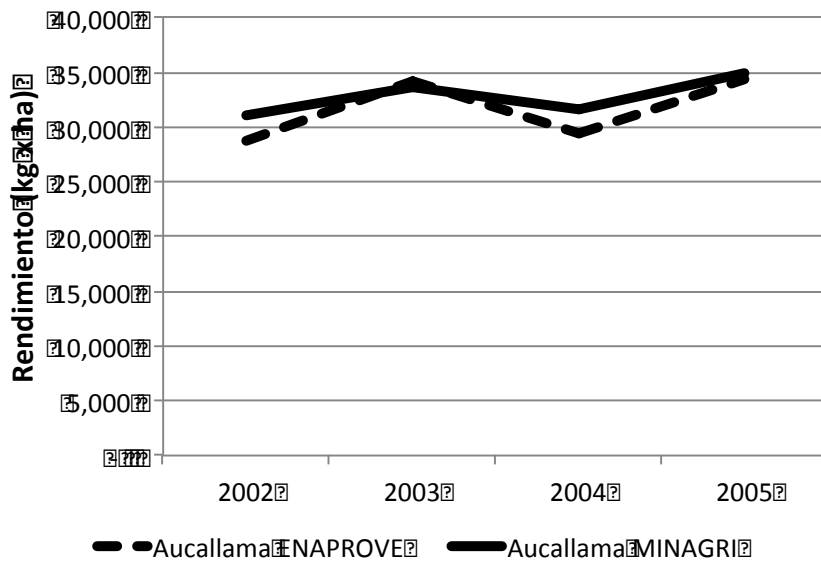
Fuente: ENAPROVE

Elaboración: Propia

Por otro lado, cuando observamos los distritos que componen el valle de Huaral, encontramos que tanto en Aucallama como en Chancay, ambas metodologías ofrecen resultados de rendimientos promedio muy similares (niveles similares). Sin embargo, en el caso del distrito de Huaral, observamos una diferencia importante principalmente en el año 2002, donde la diferencia de niveles es de alrededor del 18%, cifra considerablemente alta cuando se trata de analizar rendimientos.

## Gráfico A1\_4: La papa en los distritos de la provincia de Huaral

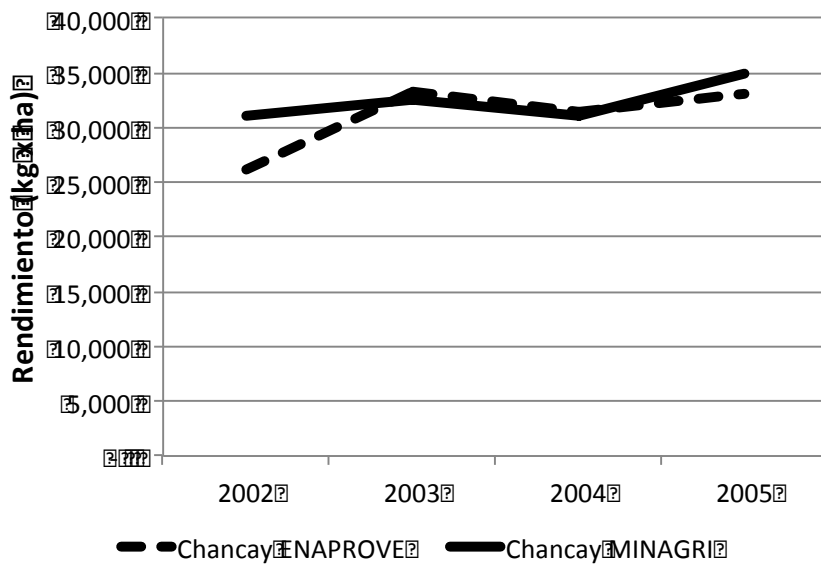
### (a) Provincia de Aucallama



Fuente: ENAPROVE

Elaboración: Propia

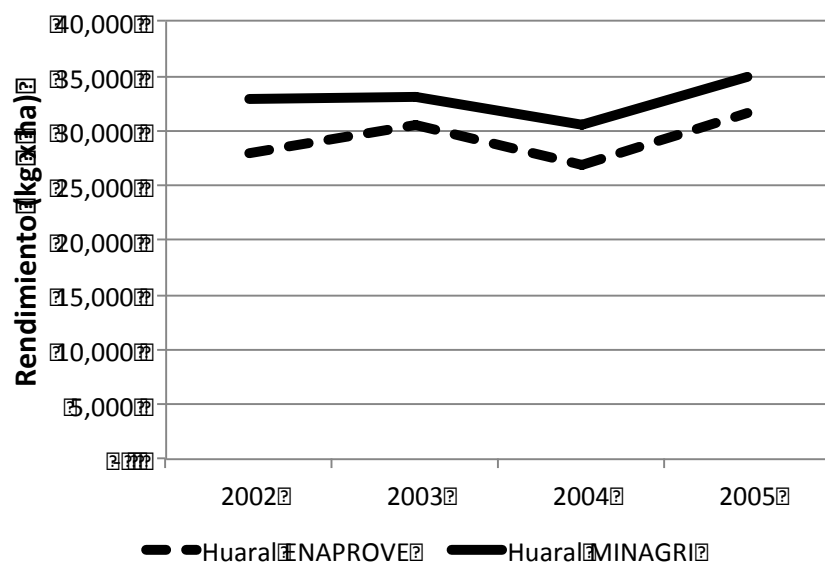
### (b) Provincia de Chancay



Fuente: ENAPROVE

Elaboración: Propia

### (c) Provincia de Huaral



Fuente: ENAPROVE

Elaboración: Propia

## Anexo 2: Desestacionalización de series históricas de rendimiento

Para analizar el riesgo en una serie histórica es necesario eliminar la tendencia asociada a variables de cambio tecnológico. Esta desestacionalización permite contar con una serie de datos que nos permita mejor estimar pérdidas asociadas a fenómenos climáticos.

Para desestacionalizar los rendimientos, seguimos un modelo simple en el que se estima la relación entre el rendimiento y el tiempo, como se muestra en la ecuación (1) donde  $y_t$  es el rendimiento en cada período  $t$ ,  $e_t$  el error de estimación en cada período  $t$ ,  $a$  una constante y  $b$  el coeficiente que revela la significancia estadística de la relación lineal entre el rendimiento y el tiempo.

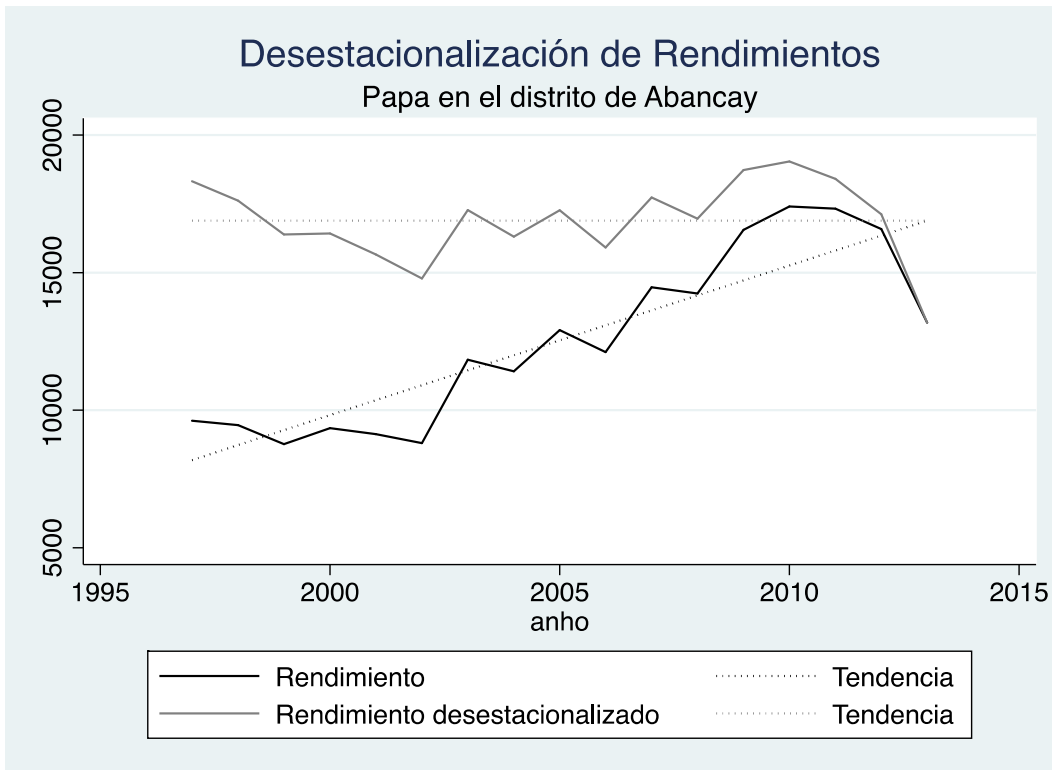
$$y_t = a + bt + e_t \quad (1)$$

Si  $b$  es estadísticamente significativa, esto implica que hay una tendencia en la serie histórica de rendimientos y se procede a estimar el error  $e_t$  que captura la variabilidad del rendimiento que no está asociado a la variable tiempo.

$$\hat{e}_t = y_t - (\hat{a} + \hat{b}t) \quad (2)$$

Para mantener la magnitud de los rendimientos para cada unidad de análisis estandarizamos el error estimación o la variabilidad de tal manera que la serie se construya sobre la base del rendimiento en el último período disponible. A continuación presentamos un ejemplo del procedimiento de cómo eliminar la tendencia a la serie de rendimientos.

**Gráfico A2\_1: Desestacionalización**



Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

## Anexo 3: Estimación paramétrica de la distribución teórica de rendimientos

Para estimar la distribución teórica de los rendimientos de una unidad de análisis, asumimos que éstas siguen una distribución Gamma, donde los parámetros son estimados utilizando la técnica de máxima verosimilitud. Consideramos dos alternativas para la estimación de parámetros.

Por un lado trabajamos cada unidad de análisis de manera independiente, y estimamos los parámetros de una función de distribución Gamma específica para cada una:

$$f(x_i) = \lambda e^{-\lambda x_i} \frac{(\lambda x_i)^{k-1}}{\Gamma(k)}$$

donde  $x$  representa la serie de datos de una unidad de análisis, el subíndice  $i$  representa a las observaciones de cada unidad de análisis distrito-cultivo y los parámetros a estimar son  $\lambda$  (forma) y  $k$  (escala).

La segunda alternativa, implica juntar todos los datos de rendimiento de un cultivo al interior de una provincia  $p$  y estimar los parámetros para cada unidad de análisis (distrito-cultivo) como función lineal del rendimiento promedio de cada distrito.

$$f(x_{ip}) = \lambda_i e^{-\lambda_i x_{ip}} \frac{(\lambda_i x_{ip})^{k_i-1}}{\Gamma(k_i)}$$

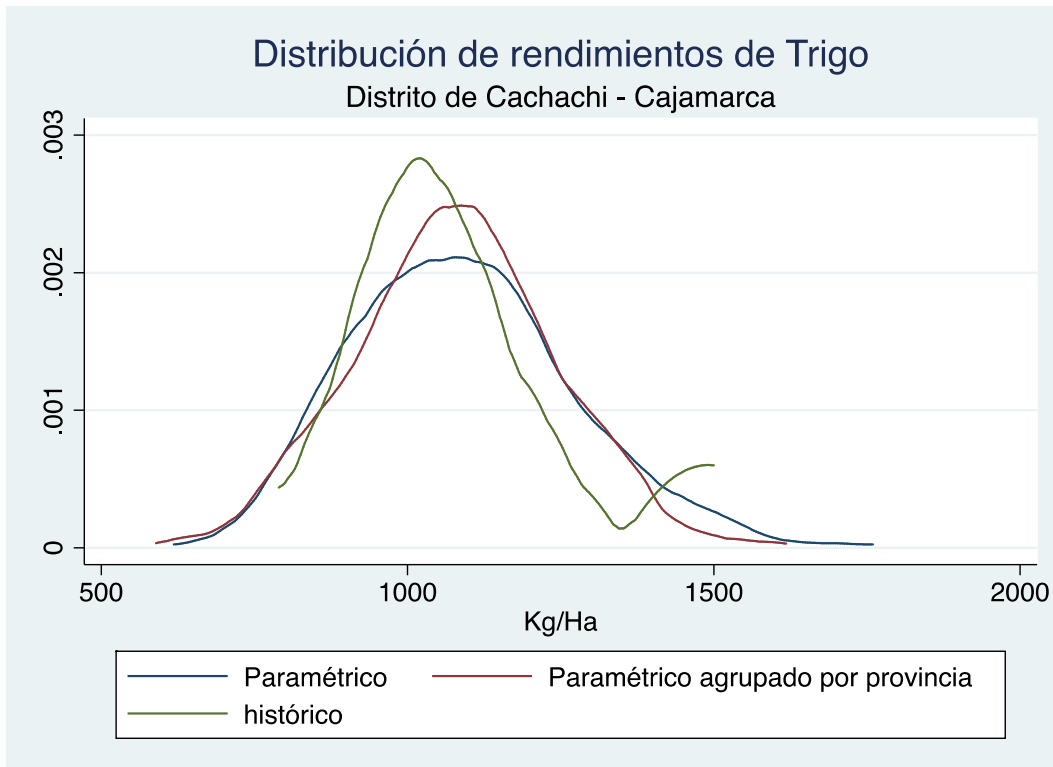
$$\lambda_i = a + b\bar{x}_i$$

$$k_i = c + d\bar{x}_i$$

Esta segunda alternativa supone entonces la estimación de cuatro parámetros ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$ ), que son los que conforman  $\lambda_i$  y  $k_i$ , los parámetros de la distribución Gamma de cada unidad de análisis.

A continuación presentamos el caso de algunas unidades de análisis. En cada gráfico comparamos la serie histórica compuesta por diecisiete datos (histórico), con las distribuciones estimadas bajo ambos métodos (paramétrico y paramétrico agrupado). En la mayoría de casos las distribuciones estimadas se asemejan a la distribución de datos históricos.

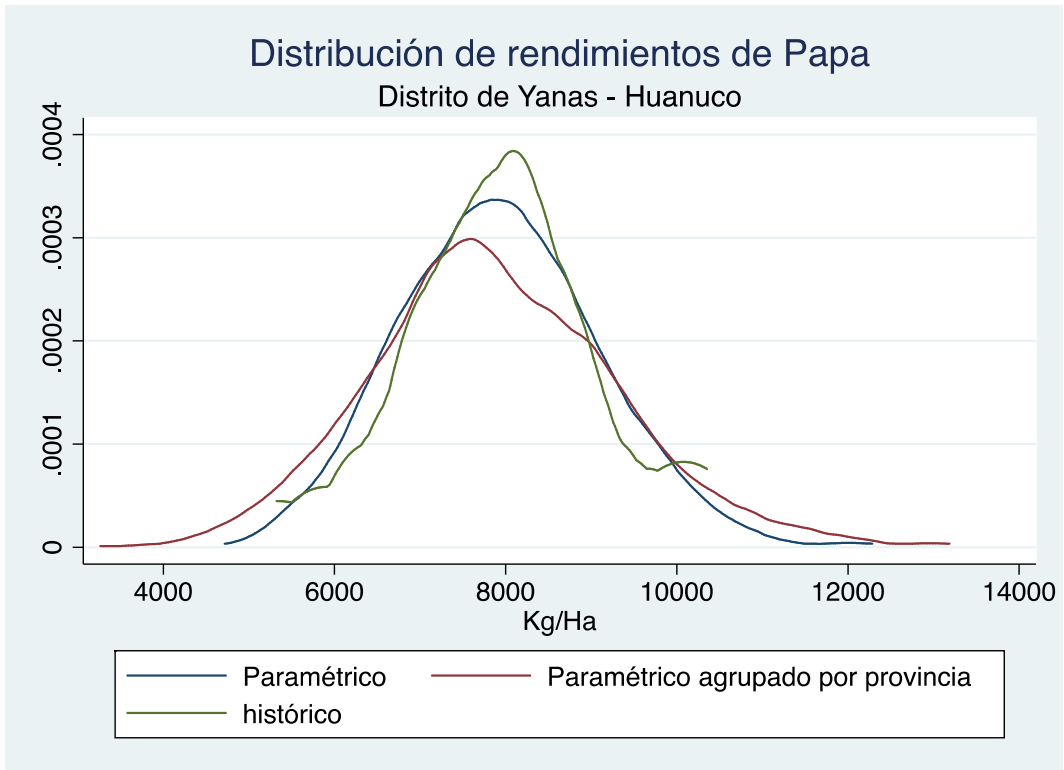
**Gráfico A3\_1: Comparación de series históricas con distribución estimada**



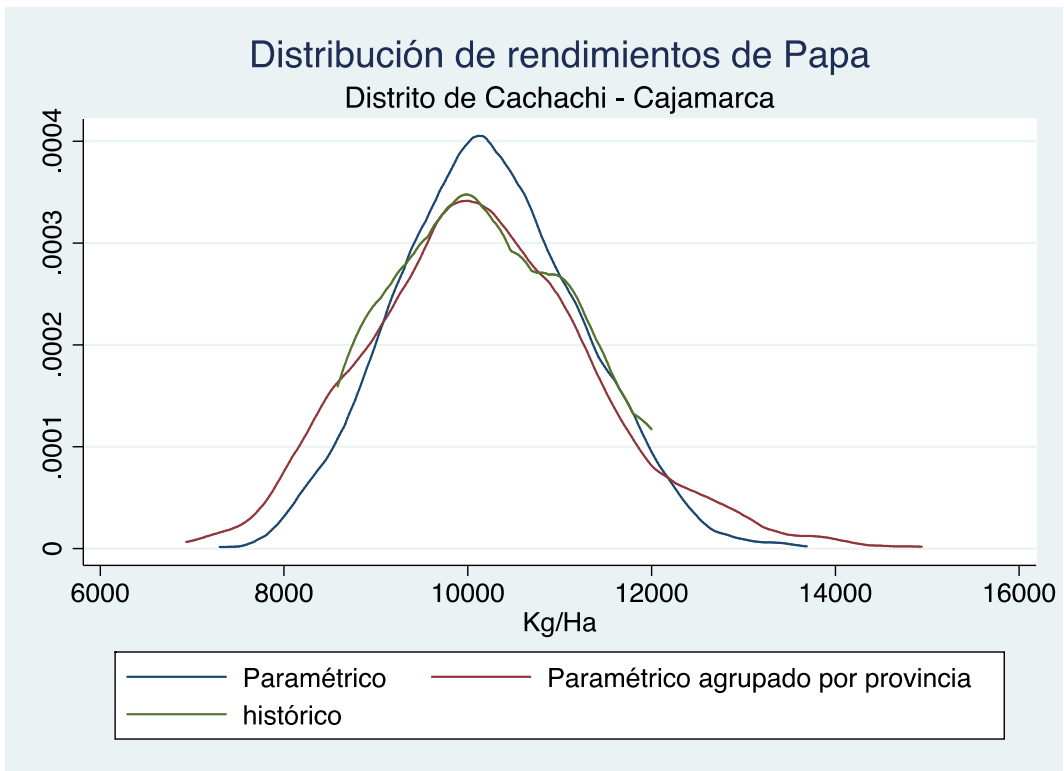
Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia





Fuente: MINAGRI, La Positiva  
Elaboración: Propia



Fuente: MINAGRI, La Positiva  
Elaboración: Propia

## Anexo 4: Prima pura de riesgo

En este anexo presentaremos algunas tablas adicionales que dejamos fuera del cuerpo principal del estudio por motivos de manejo de espacio y flujo de lectura. Las dos primeras tablas A4\_1A y A4\_1B corresponden a la prima pura de riesgo por departamento-cultivo correspondientes a un disparador equivalente al 40% del rendimiento promedio histórico.

**Tabla A4\_1A: Prima pura de riesgo por departamento y cultivo (análisis paramétrico con distribuciones independientes)**

Cultivo	AP	AY	CAJ	CUS	HCO	HVL	PAS	PUN	Total
ArvejaGranoSeco		0.00%			0.00%				0.00%
ArvejaGranoVerde					0.00%				0.00%
AvenaForrajera								0.00%	0.00%
Cacao		0.00%				0.00%	0.25%		0.01%
Cafe		0.00%					0.04%		0.02%
CebadaGrano		0.01%			0.00%			0.00%	0.00%
FrijolGranoSeco	0.00%				0.00%				0.00%
HabaGranoSeco					0.00%			0.00%	0.00%
MaizAmilaceo	0.02%	0.05%	0.14%	0.04%	0.00%	0.08%	1.35%		0.07%
Papa	0.00%	0.00%	0.00%	0.08%	0.00%	0.03%	0.03%	0.00%	0.02%
Platano							0.00%		0.00%
Quinoa	0.59%	0.00%						0.00%	0.02%
Trigo	0.00%	0.25%	0.00%						0.05%
<b>Total</b>	<b>0.02%</b>	<b>0.05%</b>	<b>0.06%</b>	<b>0.06%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.04%</b>	<b>0.08%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.03%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

**Tabla A4\_1B: Prima pura de riesgo por departamento y cultivo  
(análisis paramétrico con distribuciones relacionadas a nivel de provincia)**

Cultivo	AP	AY	CAJ	CUS	HCO	HVL	PAS	PUN	Total
ArvejaGranoSeco		0.00%			0.00%				0.00%
ArvejaGranoVerde					0.00%				0.00%
AvenaForrajera								0.00%	0.00%
Cacao		0.00%				0.00%	0.08%		0.00%
Cafe		0.00%					0.07%		0.04%
CebadaGrano		0.00%			0.00%			0.00%	0.00%
FrijolGranoSeco	0.00%				0.00%				0.00%
HabaGranoSeco					0.00%			0.00%	0.00%
MaizAmilaceo	0.00%	0.00%	0.09%	0.05%	0.00%	0.09%	0.28%		0.05%
Papa	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.01%
Platano							0.00%		0.00%
Quinua	1.02%	0.00%						0.00%	0.04%
Trigo	0.00%	0.00%	0.00%						0.00%
<b>Total</b>	<b>0.02%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.04%</b>	<b>0.03%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.04%</b>	<b>0.03%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.02%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

Las dos siguientes tablas corresponden a la estimación de la prima pura de riesgo sensibilizada para diferentes disparadores utilizando la metodología de estimación de parámetros circunscritos en el ámbito de una provincia. La primera tabla nos muestra cómo varían las primas puras de riesgo a nivel de departamento y la segunda a nivel de cultivo.

**Tabla A4\_2A: Sensibilización de la prima pura de riesgo por departamento (análisis paramétrico con distribuciones relacionadas a nivel de provincia)**

Departamento	Disparador (en términos de rendimiento promedio)						
	40%	50%	60%	70%	80%	90%	=
Apurímac	0.02%	0.05%	0.28%	1.99%	9.24%	26.68%	52.05%
Ayacucho	0.00%	0.04%	0.37%	2.28%	8.94%	24.95%	49.75%
Cajamarca	0.04%	0.13%	0.41%	1.62%	6.58%	21.73%	50.77%
Cusco	0.03%	0.20%	0.87%	3.29%	10.33%	26.06%	49.28%
Huancavelica	0.00%	0.01%	0.07%	0.61%	3.92%	18.76%	51.56%
Huanuco	0.04%	0.16%	0.52%	1.77%	6.52%	21.40%	51.89%
Pasco	0.03%	0.17%	1.30%	4.54%	13.49%	30.54%	52.43%
Puno	0.00%	0.00%	0.05%	0.60%	4.20%	19.41%	51.53%
<b>Total</b>	<b>0.02%</b>	<b>0.07%</b>	<b>0.35%</b>	<b>1.63%</b>	<b>6.79%</b>	<b>22.36%</b>	<b>51.09%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

**Tabla A4\_2A: Sensibilización de la prima pura de riesgo por cultivo (análisis paramétrico con distribuciones relacionadas a nivel de provincia)**

Departamento	Disparador (en términos de rendimiento promedio)						
	40%	50%	60%	70%	80%	90%	=
Arveja Grano Seco	0.00%	0.01%	0.21%	1.46%	7.48%	24.21%	51.83%
Arveja Grano Verde	0.00%	0.00%	0.01%	0.22%	3.21%	19.53%	51.31%
Avena Forrajera	0.00%	0.00%	0.01%	0.33%	3.02%	17.44%	51.14%
Cacao	0.00%	0.02%	0.23%	2.18%	10.03%	28.10%	52.19%
Cafe	0.04%	0.19%	1.45%	4.56%	11.63%	27.05%	52.20%
Cebada Grano	0.00%	0.02%	0.19%	1.29%	6.69%	23.21%	51.77%
Frijol Grano Seco	0.00%	0.00%	0.08%	1.23%	7.58%	25.41%	51.74%
Haba Grano Seco	0.00%	0.01%	0.22%	1.39%	6.15%	21.74%	51.89%
Maíz Amiláceo	0.05%	0.20%	0.69%	2.58%	8.87%	24.74%	50.17%
Papa	0.01%	0.04%	0.24%	1.19%	5.45%	20.35%	51.63%
Platano	0.00%	0.00%	0.88%	3.86%	12.46%	29.28%	51.92%
Quinua	0.04%	0.05%	0.17%	1.28%	6.73%	23.53%	51.91%
Trigo	0.00%	0.02%	0.27%	1.96%	8.57%	24.32%	48.80%
<b>Total</b>	<b>0.02%</b>	<b>0.07%</b>	<b>0.35%</b>	<b>1.63%</b>	<b>6.79%</b>	<b>22.36%</b>	<b>51.09%</b>

Fuente: MINAGRI, La Positiva

Elaboración: Propia

## Anexo 5: Estaciones meteorológicas

Tabla A5\_1A: Datos de estaciones meteorológicas

Departamento	Provincia	Distrito	Estación Meteorológica	% de datos de			
				Humedad Relativa	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Precipitaciones
CAJAMARCA	CAJABAMBA	CAJABAMBA	CAJABAMBA	99%	99%	99%	99%
CAJAMARCA	CAJAMARCA	ASUNCION	ASUNCION	96%	96%	96%	96%
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	AUGUSTO WEBERBAUER	99%	99%	99%	99%
CAJAMARCA	CAJAMARCA	CAJAMARCA	GRANJA PORCON	100%	100%	100%	100%
CAJAMARCA	CAJAMARCA	JESUS	JESUS	48%	48%	48%	48%
CAJAMARCA	CAJAMARCA	MAGDALENA	MAGDALENA	100%	100%	100%	100%
CAJAMARCA	CAJAMARCA	NAMORA	NAMORA	98%	98%	98%	98%
CAJAMARCA	CAJAMARCA	SAN JUAN	SAN JUAN	99%	99%	99%	99%
CAJAMARCA	CHOTA	CHOTA	CHOTA	97%	97%	97%	97%
CAJAMARCA	CHOTA	COCHABAMBA	COCHABAMBA	97%	97%	97%	97%
CAJAMARCA	CHOTA	HUAMBOS	HUAMBOS	100%	100%	100%	100%
CAJAMARCA	CHOTA	LLAMA	LLAMA	99%	99%	99%	99%
CAJAMARCA	CONTUMAZA	CONTUMAZA	CONTUMAZA	100%	100%	100%	100%
CAJAMARCA	CONTUMAZA	YONAN	MONTE GRANDE	92%	92%	92%	92%
CAJAMARCA	CUTERVO	CUTERVO	CUTERVO	98%	98%	98%	98%
CAJAMARCA	HUALGAYOC	BAMBAMARCA	BAMBAMARCA	99%	99%	99%	99%
CAJAMARCA	JAEN	CHONTALI	CHONTALI	100%	100%	100%	100%
CAJAMARCA	JAEN	JAEN	JAEN	99%	99%	99%	99%
CAJAMARCA	JAEN	JAEN	LA CASCARILLA	99%	99%	99%	99%
CAJAMARCA	JAEN	POMAHUACA	EL LIMON	99%	99%	99%	99%
CAJAMARCA	SAN IGNACIO	CHIRINOS	CHIRINOS	95%	95%	95%	95%
CAJAMARCA	SAN IGNACIO	SAN IGNACIO	SAN IGNACIO	99%	99%	99%	99%
CAJAMARCA	SAN IGNACIO	TABACONAS	TABACONAS	99%	99%	99%	99%
CAJAMARCA	SAN MARCOS	GREGORIO PITA	SONDOR-MATARA	96%	96%	96%	96%
CAJAMARCA	SAN MARCOS	PEDRO GALVEZ	SAN MARCOS	99%	99%	99%	99%
CAJAMARCA	SAN MIGUEL	SAN MIGUEL	LLAPA	100%	100%	100%	100%
CAJAMARCA	SANTA CRUZ	CHANCAYBOS	CHANCAYBOS	98%	98%	98%	98%
CAJAMARCA	SANTA CRUZ	SANTA CRUZ	SANTA CRUZ	99%	99%	99%	99%
CUSCO	ACOMAYO	ACOMAYO	ACOMAYO	97%	97%	97%	97%
CUSCO	ACOMAYO	POMACANCHI	POMACANCHI	98%	98%	98%	98%
CUSCO	ANTA	ZURITE	ANTA ANCACHURO	95%	95%	95%	95%
CUSCO	CALCA	PISAC	PISAC	98%	98%	98%	98%
CUSCO	CANCHIS	SICUANI	SICUANI	98%	98%	98%	98%
CUSCO	CUSCO	SAN JERONIMO	GRANJA KAYRA	86%	86%	86%	86%
CUSCO	ESPINAR	ESPINAR	YAURI	96%	96%	96%	96%
CUSCO	LA CONVENCION	SANTA ANA	QUILLABAMBA	95%	95%	95%	95%
CUSCO	PARURO	PARURO	PARURO	98%	98%	98%	98%
CUSCO	PAUCARTAMBO	CAICAY	CAYCAY	87%	87%	87%	87%
CUSCO	PAUCARTAMBO	COLQUEPATA	COLQUEPATA	75%	75%	75%	75%
CUSCO	PAUCARTAMBO	PAUCARTAMBO	PAUCARTAMBO	99%	99%	99%	99%
CUSCO	QUISPICANCHI	CAMANTI	QUINCEMIL	95%	95%	95%	95%
CUSCO	QUISPICANCHI	CCATCA	CCATCCA	96%	96%	96%	96%
CUSCO	URUBAMBA	URUBAMBA	URUBAMBA	97%	97%	97%	97%

Departamento	Provincia	Distrito	Estación Meteorológica	% de datos de			
				Humedad Relativa	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Precipitaciones
HUANUCO	AMBO	SAN RAFAEL	SAN RAFAEL	97%	97%	97%	97%
HUANUCO	HUANUCO	AMARILIS	HUANUCO	99%	99%	99%	99%
HUANUCO	HUANUCO	HUANUCO	CANCHAN	99%	99%	99%	99%
HUANUCO	LEONCIO PRADO	JOSE CRESPO Y CASTILLO	AUCAYACU	99%	99%	99%	99%
HUANUCO	LEONCIO PRADO	JOSE CRESPO Y CASTILLO	TULUMAYO	99%	99%	99%	99%
HUANUCO	LEONCIO PRADO	RUPA-RUPA	TINGO MARIA	97%	97%	97%	97%
HUANUCO	PUERTO INCA	PUERTO INCA	PUERTO INCA	99%	99%	99%	99%
HUANUCO	PUERTO INCA	TOURNAVISTA	TOURNAVISTA	96%	96%	96%	96%
HUANUCO	YAROWILCA	JACAS CHICO	JACAS CHICO	93%	93%	93%	93%
JUNIN	CHUPACA	HUACHAC	HUAYAO	97%	97%	97%	97%
JUNIN	CONCEPCION	COMAS	COMAS	99%	99%	99%	99%
JUNIN	HUANCAYO	EL TAMBO	SANTANA	99%	99%	99%	99%
JUNIN	JAUJA	JAUJA	JAUJA	98%	98%	98%	98%
JUNIN	SATIPO	SATIPO	SATIPO	99%	99%	99%	99%
JUNIN	TARMA	HUASAHUASI	HUASAHUASI	99%	99%	99%	99%
JUNIN	TARMA	TARMA	TARMA	99%	99%	99%	99%
JUNIN	YAULI	MARCAPOMACocha	MARCAPOMACocha	94%	94%	94%	94%
JUNIN	YAULI	SANTA ROSA DE SACCO	LA DROYA	100%	100%	100%	100%
PIURA	AYABACA	AYABACA	AYABACA	99%	99%	99%	99%
PIURA	AYABACA	LAGUNAS	SAUSAL DE CULUCAN	99%	99%	99%	99%
PIURA	HUANCABAMBA	HUANCABAMBA	HUANCABAMBA	99%	99%	99%	99%
PIURA	HUANCABAMBA	HUARMACA	HUARMACA	99%	99%	99%	99%
PIURA	MORROPON	MORROPON	MORROPON	99%	99%	99%	99%
PIURA	PAITA	COLAN	LA ESPERANZA	99%	99%	99%	99%
PIURA	PIURA	CATACAOS	SAN MIGUEL	99%	99%	99%	99%
PIURA	PIURA	PIURA	MIRAFLORES	98%	98%	98%	98%
PIURA	SECHURA	SECHURA	CHUSIS	98%	98%	98%	98%
PIURA	SULLANA	MARCAVELICA	MALLARES	98%	98%	98%	98%

Fuente: SENAMHI  
Elaboración: Propia

