

<u>I – Introducción</u>	<u>1</u>
1- ¿Qué es la Biblioteca de Distribuciones de Rinde Cultivar Conocimiento Agropecuario S.A. - AACREA?	1
2- ¿Para qué sirve esta biblioteca de rindes?	2
3- ¿Qué es un análisis de riesgo?	2
4- ¿Por qué una biblioteca puede ser útil?	3
5- ¿Cómo usar esta biblioteca?	3
6- ¿Por qué la biblioteca incluye también coeficientes de correlación?	4
 <u>II – Uso de la Biblioteca de Distribuciones de Rindes paso a paso</u>	 <u>5</u>
1- Menú Inicio	5
2- Biblioteca: buscar distribuciones	5
2.1- Analizar una distribución	7
2.2- Comparar distribuciones	9
2.3- Matrices de correlación	11
3- Exportar distribuciones	11

I – Introducción

1- ¿Qué es la Biblioteca de Distribuciones de Rinde Cultivar Conocimiento Agropecuario S.A. - AACREA?

Una biblioteca de distribución de rendimientos es un conjunto de curvas y tablas que describen el posible abanico de valores que puede lograr el rendimiento de un cultivo en diferentes zonas, ambientes y con diferentes planteos técnicos.

Se sabe que el rendimiento de los cultivos, más aún en condiciones de secano, es muy variable por efecto del clima. En forma directa, el nivel de lluvias, las temperaturas, la radiación, el granizo, etc., afectan el rendimiento logrado; en forma indirecta el clima incide sobre la mayor o menor presencia de plagas que también influyen sobre el rendimiento final. Por todo esto, a la hora de estimar un rendimiento es imposible hacerlo con un valor puntual –por ejemplo 4200 kg/ha para soja de primera en un suelo bueno del norte de la provincia de Buenos Aires–. Es más correcto hacerlo a través de un intervalo (rango) o, mejor aún, con una curva o abanico. La diferencia entre el rango y la curva es que un rango sólo indica los extremos (26 a 60 qq/ha)

mientras que una curva dice, además, qué ocurre dentro de ese intervalo (un 5% de probabilidad de estar por debajo de los 28 qq/ha, un 5% de estar por encima de los 55 qq/ha).

2- ¿Para qué sirve esta biblioteca de rindes?

El objetivo con el que se compiló esta biblioteca es contribuir a mejorar los análisis de riesgo. Para esto, es necesario dejar de usar un estimador puntual del rendimiento y avanzar hacia abanicos de valores. Pero en materia de rendimiento no suele haber total consenso en el momento de definir posibles valores. Esto se debe a que no se trata de una cuestión matemática objetiva como tirar una moneda (con dos posibles resultados: cara o cruz, con 50% de probabilidad cada uno¹). En cambio, la definición de los rendimientos es una cuestión algo más subjetiva, donde intervienen factores tales como el mayor o menor grado de optimismo (o pesimismo) de quien está opinando, o de cuánto le pese el recuerdo de ciertos rendimientos logrados.

Las series históricas, cuando están disponibles, son objetivas e indiscutibles (no sujetas al optimismo o pesimismo de nadie) pero tienen una seria limitante: son demasiado cortas. Aunque se contara, en campo propio, con una serie de 50 años, no se trata en realidad de 50 datos válidos para un planeamiento a futuro porque cada cambio tecnológico introduce un salto en la serie. Es como barajar y dar de nuevo, de manera tal que la serie de datos válidos debe reducirse a rendimientos logrados con el nuevo planteo técnico e igualdad de manejo (ambiente, fecha de siembra, fertilización, genotipo, prácticas culturales, etc.). De esta manera, la más larga de las series se reduce con suerte a no más de 10 a 15 datos, una cantidad no del todo suficiente para hacer inferencias suficientemente robustas a futuro.

La biblioteca de rendimientos se propone entonces ser una herramienta de apoyo para quienes tengan que definir posibles rendimientos, no reemplazando series propias ni la opinión de un experto, sino complementándolas, ya que provee una mayor cantidad de datos (33 a 55 según la zona) objetivamente logrados a partir de modelos de simulación agronómica² una gran base de datos a campo y la validación de paneles de expertos.

Estos rendimientos así definidos pueden servir para tomar decisiones estratégicas como el armado de un plan de siembras o la elección de una rotación, o para tomar decisiones de manejo (a través de la comparación de diferentes fechas de siembra, esquemas de fertilización, genotipos, etc.).

3- ¿Qué es un análisis de riesgo?

Para comprender del todo los posibles alcances de esta biblioteca, tal vez sea útil dar un paso atrás y revisar el concepto (y la utilidad) de un análisis de riesgo. Un análisis de riesgo es una herramienta de cálculo matemático, basada en supuestos, que sirve para cuantificar el posible abanico de resultados esperados a futuro al trabajar con variables aleatorias (precios, rindes, etc.). O sea, sirve para determinar el rango en el cual puede moverse una proyección y, dependiendo de cuán sofisticado sea el análisis, además del rango se puede obtener también la probabilidad (o distribución) de cada uno de los valores del intervalo estimado, como en el caso del modelo de simulación Monte Carlo.

¹ Siempre y cuando la moneda esté balanceada, no se hace trampa, etc., y se descarta la bajísima probabilidad de que la moneda caiga parada.

² Los modelos de simulación agronómica son modelos matemáticos que simulan el crecimiento, desarrollo y rinde en función de la dinámica suelo-planta-atmósfera.

Un análisis de riesgo no es una bola de cristal en el sentido de que no predice con exactitud lo que va a pasar, pero sí puede indicar qué va a pasar si se cumplen los supuestos considerados para el análisis.

4- ¿Por qué una biblioteca puede ser útil?

Sam Savage, profesor de Stanford, compara la simulación Monte Carlo y las lamparitas: “un análisis de riesgo es para la incertidumbre lo mismo que las lamparitas para la oscuridad”³. La lamparita no logra que deje de existir la oscuridad, pero reduce las posibilidades de que nos tropecemos. Quienes llevamos años usando la simulación Monte Carlo reconocemos en esta comparación una imagen muy acertada. Las distribuciones son el punto crucial para un buen análisis de riesgo, pero en la mayoría de los casos se subestima su importancia. Por el sólo hecho de que en general se trata de distribuciones subjetivas, se le presta menos atención de la que merecen. Con la excusa de que “de todos modos no sabremos nunca cuál es el valor correcto”, existe la tentación de usar distribuciones elaboradas y consensuadas rápidamente, sin suficiente análisis y discusión.

Esta biblioteca de rendimiento brinda distribuciones de rendimiento ampliamente validadas, convirtiéndose en una especie de sistema de corriente eléctrica que alimente los módulos de simulación Monte Carlo de cálculo de resultados agrícolas. Son valores modales que pueden (y deben) ser evaluados para cada situación, pero es lo máximo que, con el estado actual de la ciencia en la materia, se puede lograr.

5- ¿Cómo usar esta biblioteca?

Si se acepta que los análisis de sensibilidad y de riesgo son la mejor manera de evaluar los resultados de un negocio aleatorio como es la siembra de un cultivo, entonces se necesita caracterizar las variables aleatorias que lo definen. Éstas son, en primer lugar, rendimiento y precio. Esta biblioteca brinda elementos para la primera.

Como el rendimiento (y también su variabilidad) depende de varios factores, el primer paso es identificarlos: clima, suelo, fecha de siembra, agua útil, fertilización. Esta biblioteca contiene los siguientes tratamientos (tratamiento=combinación de factores):

Cultivo	Cantidad de tratamientos	Factores
Trigo	156	Zona, ambiente (suelo), agua a la siembra, fecha de siembra (ciclo largo/corto)
Maíz	156	Zona, ambiente (suelo), agua a la siembra, N disponible a la siembra
Maíz tardío	39	Zona, ambiente (suelo)
Soja	156	Zona, ambiente (suelo), agua a la siembra, fecha de siembra (grupo de madurez)
Soja 2da	78	Zona, ambiente (suelo), agua a la siembra

La biblioteca contiene 585 distribuciones de rinde en total. La segunda sección de este manual detalla las distintas funciones del sistema (buscar distribuciones, analizarlas, compararlas y

³ Adaptado de «The flaw of averages», Sam L. Savage, 2009.

exportarlas). Sin embargo, más allá de las especificidades de cada opción de menú, lo importante es saber cómo usar las distribuciones una vez obtenidas.

Para cada tratamiento se obtiene una serie de parámetros (mínimo, máximo, desvío, media, percentiles). Estos parámetros pueden usarse para definir un rango (mínimo y máximo, o percentiles 5 y 95) en caso de querer analizar escenarios extremos. También pueden usarse para armar distribuciones de probabilidad:

- acumulada (mínimo, máximo, percentiles)
- general (los datos del histograma)
- betapert o triangula (mínimo, más probable, máximo)⁴
- normal (media y desvío)⁵.

6- ¿Por qué la biblioteca incluye también coeficientes de correlación?

Cuando se calcula el resultado de la empresa, el resultado esperado es la suma de los resultados de cada actividad (es decir, si se siembra trigo/soja de segunda, soja de primera y maíz, el resultado total será igual al resultado de trigo más soja de segunda más soja 1era más maíz). Sin embargo, el riesgo total no es igual a la suma de los riesgos individuales. Por ejemplo, si la probabilidad de perder plata es de 10% para trigo y de 15% para soja de segunda, la probabilidad de un resultado menor a cero para el doble cultivo trigo/soja de segunda no es 25%. Y si el margen neto mínimo de trigo es -100 US\$/ha y el de soja de segunda es -50 US\$/ha, el margen neto mínimo del doble cultivo no es -150 US\$/ha. Esto se debe al efecto de la correlación, es decir el grado de covarianza de las variables aleatorias.

Dos variables aleatorias pueden ser independientes, es decir tomar valores altos o bajos sin que haya ningún tipo de relación entre ambas porque dependen de factores totalmente diferentes (por ejemplo el rendimiento del trigo y el precio del oro). Otras dos variables aleatorias pueden tener correlación positiva, es decir tender a adoptar valores altos o bajos al mismo tiempo, porque dependen aunque sea en parte de los mismos factores (es el caso del rinde de cultivos que comparten la estación de crecimiento: al estar expuestos a las mismas condiciones climáticas, cuando uno de los cultivos logra un buen rendimiento, el otro también tiende a lograrlo –no es seguro pero sí ocurre la mayoría de los años–). Finalmente, dos variables aleatorias pueden tener correlación negativa: cuando una de ellas toma un valor alto, la otra tiende a tomar un valor bajo, y viceversa. Esto se debe a que dependen de factores con efectos contrapuestos (por ejemplo la tasa de interés y el nivel de inversión).

En la empresa agropecuaria (y en cualquier otro tipo de empresa), la diversificación logra bajar el riesgo debido al efecto de la correlación: cuanto menor la correlación entre las actividades con las que se diversifica (o arma un portfolio), mayor la reducción del riesgo que se puede lograr.

La presencia de correlación entre los rendimientos de los diferentes cultivos en una zona, o entre los del mismo cultivo en zonas diferentes, hace necesaria su inclusión en cualquier análisis de dos o más cultivos en forma conjunta. Es por este motivo que la biblioteca ofrece tam-

⁴ En las distribuciones betapert y triangular, el valor más probable es la moda y no la media. En muchas ocasiones, por no contar con la moda, se usa la media, pero eso genera distribuciones erradas. La biblioteca no brinda la moda de las distribuciones porque ésta en muchos casos no existe. Al ser el rinde una variable continua, es muy frecuente que, estrictamente hablando, no haya un valor que se repite más veces. Sin embargo, la moda puede aproximarse al punto medio del intervalo de mayor frecuencia que se observa en el histograma. En caso de distribuciones bimodales, las distribuciones betapert y triangular deben descartarse.

⁵ Existe abundante bibliografía acerca de cuán correcto es modelar el rinde de los cultivos con una distribución normal. Algunos autores afirman que esta distribución es apropiada, mientras que otros no, y en ambos casos muestran evidencia para su postura. Una mirada al histograma de cada tratamiento permitirá entender si una distribución normal es adecuada para modelarlo.

bién el coeficiente de correlación⁶ entre todas las posibles combinaciones zona-cultivo-tratamiento.

La no inclusión del coeficiente de correlación (por olvido o por decisión) en un análisis de portafolio generará una estimación errónea del riesgo. En el caso específico de los rendimientos, en principio el riesgo se subestimarán al no incluir los coeficientes de correlación⁷.

II – Uso de la Biblioteca de Distribuciones de Rindes paso a paso

1- Menú Inicio

Al ingresar al sistema, la pantalla de Inicio presenta en el extremo superior derecho diferentes opciones (figura 1):

1. Datos personales: aquí se puede cambiar la contraseña y/o actualizar los datos personales
2. Biblioteca: es el acceso al sistema de datos
3. Contacto: para enviar un mail a Cultivar Conocimiento Agropecuario con consultas sobre el sistema
4. Ayuda: manual del sistema, en el que se puede consultar de qué se trata el sistema, sus alcances y funciones y cómo usarlo.
5. Salir: para salir del sistema

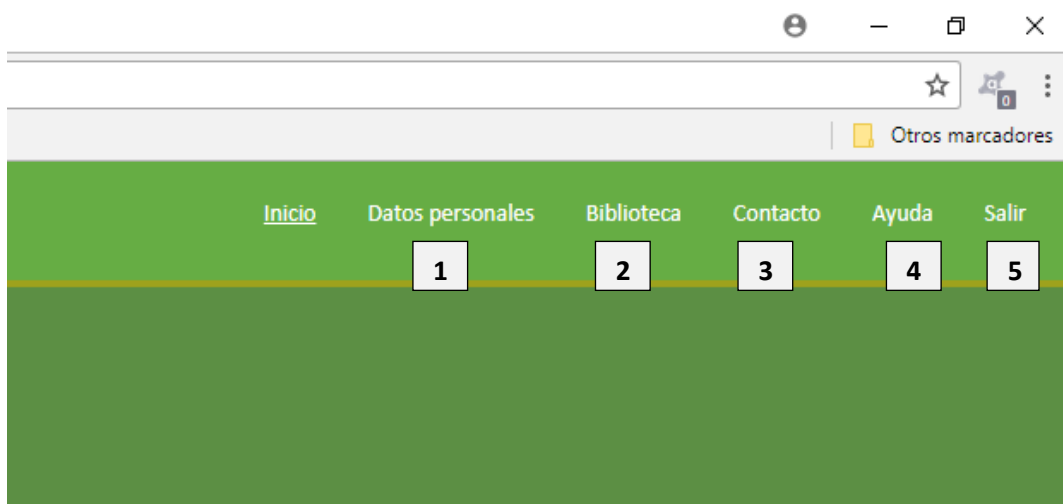


Figura 1: Extremo superior derecho de la pantalla Inicio

2- Biblioteca: buscar distribuciones

Al entrar en Biblioteca y clicar sobre **Buscar distribuciones**, aparece un menú en el que se pueden filtrar los tratamientos a analizar (figura 2).

⁶ Coeficiente de correlación de Spearman.

⁷ Si se estima el riesgo del resultado económico deberían también incluirse los coeficientes de correlación entre los precios de los granos.

The image shows a software window titled "Distribuciones a analizar". It contains six dropdown menus, each with a label and a placeholder text "Seleccionar [variable]":

- Cultivo : Seleccionar Cultivo
- Zona : Seleccionar Zona
- Ambiente : Seleccionar Ambiente
- Ciclo/Fecha : Seleccionar Ciclo/Fecha
- Nitrógeno : Seleccionar Nitrógeno
- Agua Inicial : Seleccionar Agua Inicial

At the bottom of the window are two buttons: "Analizar" and "Cancelar".

Figura 2: Pantalla para filtrar los tratamientos a analizar

Las variables para definir los tratamientos son:

- Cultivo: Maíz Temprano, Maíz Tardío, Soja de primera, Soja de segunda y Trigo
- Zona de referencia (identificadas por la localidad cuyos datos climáticos se tomaron en cuenta, y que responden a las siguientes equivalencias: Reconquista Aero: Norte de Santa Fe; Rafaela INTA: Santa Fe Centro; Pilar Obs.: Córdoba Norte; Río Cuarto Aero: Centro de Córdoba/Este de San Luis; Venado Tuerto: Sur Santa Fe; Paraná Aero: Litoral Sur; Gral. Villegas: Oeste Arenoso; Pehuajó Aero: Oeste; Junín: Norte de Buenos Aires; Las Flores Aero: Centro-Este de Buenos Aires; Benito Juárez Aero: Sudeste de Buenos Aires; Coronel Suárez: Sudoeste de Buenos Aires)
- Ambiente: los suelos más representativos de cada zona
- Ciclo/Fecha: el ciclo o grupo de madurez y/o la fecha de siembra
- Nitrógeno: los kg/ha promedio de nitrógeno disponible para el cultivo (N del suelo+N del fert.)
- Agua inicial: el estado hídrico del suelo a la siembra.

Nota: siempre se debe elegir Cultivo primero; el sistema no arroja valores sin el dato del cultivo.

Una vez definidos los filtros, clicar el botón **Analizar** para obtener el listado de tratamientos disponibles. Si se seleccionan muchos tratamientos, éstos se mostrarán en varias hojas que podrán ir recorriéndose con las flechitas ubicadas en la parte inferior de la hoja. Por ejemplo, si

sólo se filtra Cultivo Trigo, habrá 16 hojas para recorrer con los tratamientos de todas las zonas, siempre que se elija mostrar 10 tratamientos por hoja (figura 3).

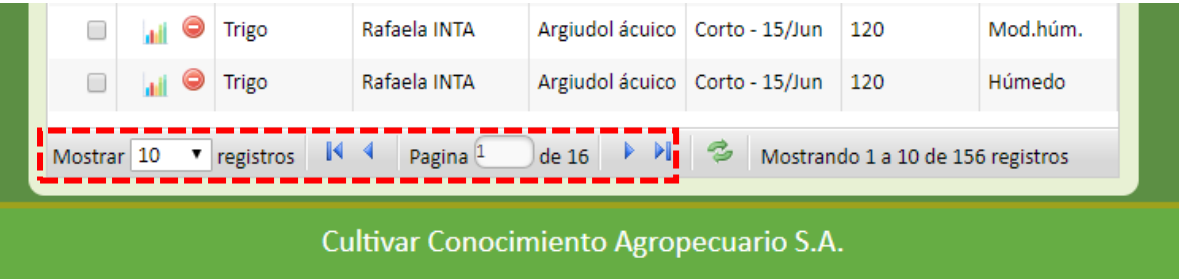


Figura 3: Cantidad de registros por pantalla y desplazamientos por cada hoja de resultados

La figura 4 muestra la parte superior de la pantalla en la que se listan los tratamientos seleccionados. El sistema siempre guardará las búsquedas realizadas aunque se cliquee Salir . Para eliminar la búsqueda se debe seleccionar Vaciar . Las opciones Salir y Vaciar se encuentran en la barra superior de la hoja que muestra los resultados (figura 4).

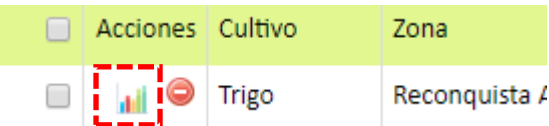


Figura 4: Opciones de la barra en la pantalla que muestra los tratamientos seleccionados

Desde el listado de tratamientos, éstos se pueden ver de manera individual o comparativa.

2.1- Analizar una distribución

Para ver la respuesta en rinde de un solo tratamiento, se cliquea el ícono de gráfico de barras a la izquierda del tratamiento en la pantalla que muestra los resultados (recordar la figura 4):



Al seleccionar este ícono, aparece la pantalla de la figura 5 mostrando el histograma de la distribución de rindes. Si en esta pantalla se selecciona la pestaña Gráfico, aparece el gráfico de probabilidad acumulada de rindes para el tratamiento elegido (figura 6).

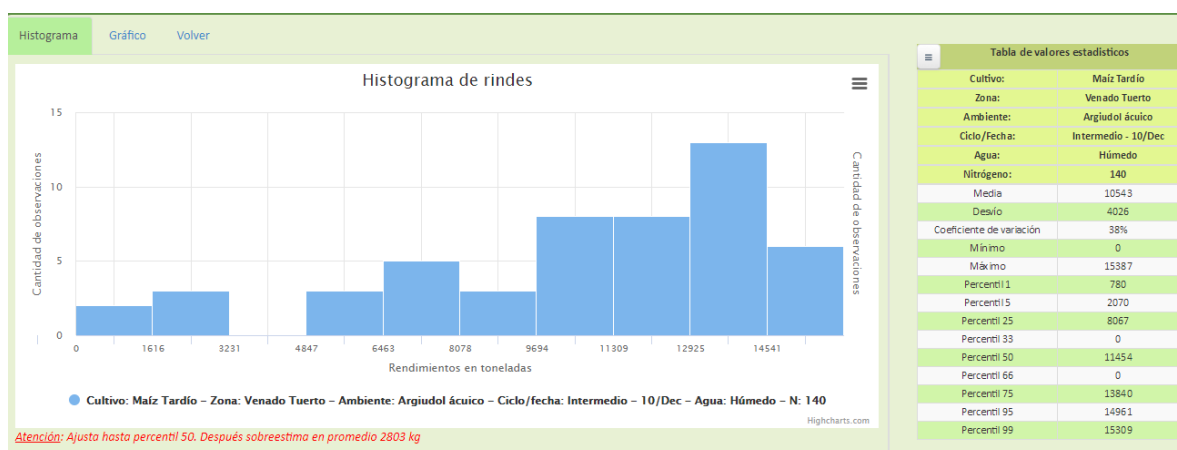


Figura 5: Pantalla con histograma de distribución de rindes

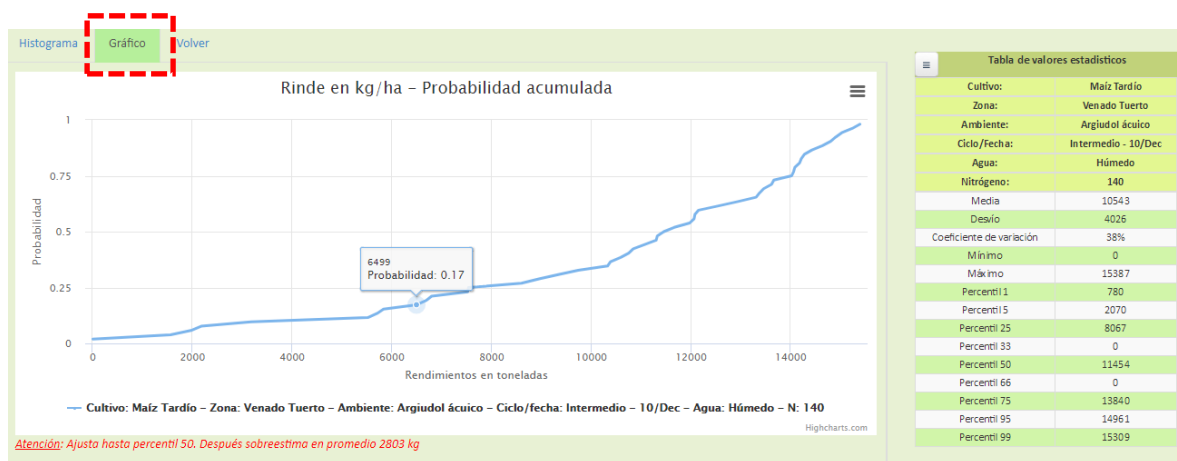


Figura 6: Pantalla ejemplo con curva de probabilidad acumulada de rinde

En el histograma, al posicionar el cursor sobre una barra, aparece la cantidad de observaciones de ese rango. De manera parecida, en el gráfico de probabilidad acumulada, al posicionar el cursor sobre un punto de la curva, se pueden ver el rinde y su probabilidad acumulada (figura 6).



Tanto en el Histograma como en el Gráfico de probabilidad, una tabla a la derecha resume los principales estadísticos de la distribución (figuras 5 y 6).

Hay cinco casos en los que se podrá ver, al pie de los gráficos, una leyenda en color rojo aclarando problemas de ajuste de la curva (por ejemplo, figuras 5 y 6). Estos cinco únicos casos son:

- Maíz Temprano, zona Centro: comparada con datos reales, la curva sobreestima el rinde en promedio 1316 kg
- Trigo, zona Córdoba Norte: comparada con datos reales, la curva sobreestima el rinde en promedio 638 kg
- Maíz Temprano, zona Córdoba Norte: la curva tiene un buen ajuste hasta el percentil 65; a partir del mismo, se sobreestima el rinde en promedio 3228 kg

- Soja 2 de segunda, zona Córdoba Norte: comparada con datos reales, la curva sobreestima el rinde en promedio 332 kg
- Maíz Tardío, zona Sur de Santa Fe: la curva tiene un buen ajuste hasta percentil 50; a partir del mismo, se sobreestima el rinde en promedio 2803 kg.

Se pueden eliminar tratamientos que no interesen con el símbolo “eliminar distribuciones” en la pantalla que muestra los resultados (recordar la figura 4). Sólo se elimina de a uno.

<input type="checkbox"/>	Acciones	Cultivo	Zona
<input type="checkbox"/>	 	Trigo	Reconquista /

Seleccionando la pestaña **Volver** en cualquiera de los gráficos, se vuelve a la pantalla que detalla los tratamientos según las variables seleccionadas (figura 3).

2.2- Comparar distribuciones

Para comparar dos o más tratamientos (se sugiere no comparar más de cinco para una mejor visualización de los gráficos), se deben tildar los casilleros a la izquierda de cada tratamiento y luego elegir **Comparar** (figura 7).











Distribuciones a analizar							
<input type="button" value="Agregar distribuciones"/> <input type="button" value="Vaciar"/> <input type="button" value="Comparar"/> <input type="button" value="Matriz"/> <input type="button" value="Salir"/>							
<input type="checkbox"/>	Acciones	Cultivo	Zona	Ambiente	Ciclo/Fecha	Nitrógeno	Agua Inicial
<input checked="" type="checkbox"/>	 	Maíz Tardío	Río Cuarto Aero	Ustipsament típico	Intermedio - 10/Dec	140	Húmedo
<input checked="" type="checkbox"/>	 	Maíz Tardío	Venado Tuerto	Argiudol ácuico	Intermedio - 10/Dec	140	Húmedo
<input type="checkbox"/>	 	Maíz Tardío	Venado Tuerto	Argiudol típico	Intermedio - 10/Dec	140	Húmedo
<input type="checkbox"/>	 	Maíz Tardío	Venado Tuerto	Hapludol típico	Intermedio - 10/Dec	140	Húmedo
<input type="checkbox"/>	 	Maíz Tardío	Paraná Aero	Argiudol típico	Intermedio - 10/Dec	130	Húmedo

Figura 7: Selección de tratamientos a comparar

Al clicar **Comparar** en la barra superior de la pantalla, se muestra el gráfico de probabilidad acumulada comparando los tratamientos elegidos (figura 8). En la pestaña **Tabla** se encuentran las tablas con los parámetros para los gráficos (figura 9).

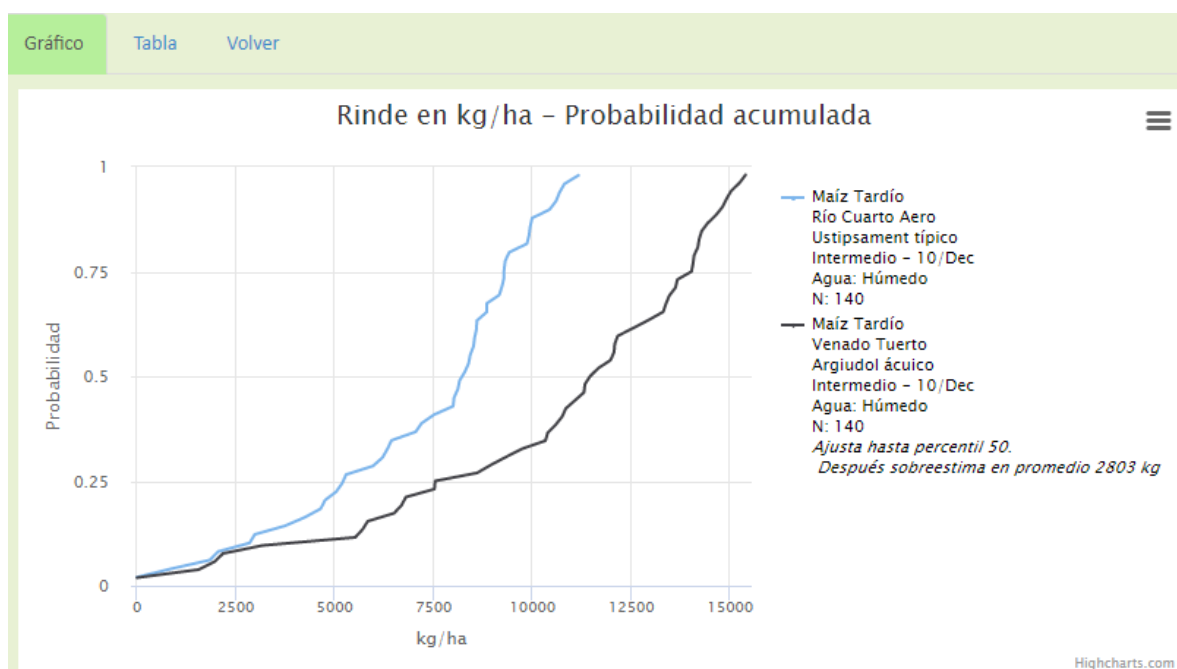


Figura 8: Comparación de curvas de probabilidad acumulada de rinde

Gráfico	Tabla	Volver
Tabla de valores estadísticos		
Cultivo:	Maíz Tardío	Maíz Tardío
Zona:	Río Cuarto Aero	Venado Tuerto
Ambiente:	Ustipsament típico	Argiudol ácuico
Ciclo/ Fecha:	Intermedio - 10/Dec	Intermedio - 10/Dec
Agua:	Húmedo	Húmedo
Nitrógeno:	140	140
Media	7260	10543
Desvío	2811	4026
Coefficiente de variación	38%	38%
Mínimo	0	0
Máximo	11160	15387
Percentil 1	414	780
Percentil 5	1915	2070
Percentil 25	5261	8067
Percentil 33	6384	0
Percentil 50	8221	11454
Percentil 66	8838	0
Percentil 75	9278	13840
Percentil 95	10651	14961
Percentil 99	10993	15309

Figura 9: Tabla con los parámetros de las distribuciones de rinde

Si se están analizando distribuciones de tratamientos elegidos y se desea cambiar alguna de las variables, se puede hacer con el menú **Agregar distribuciones** que se encuentra en la barra superior de la pantalla que muestra los tratamientos seleccionados (figura 7). Se especifican los valores de las variables y, al clicar Analizar, la planilla muestra los tratamientos anteriores más los agregados. Puede ocurrir que, antes de seleccionar los nuevos tratamientos a incluir, se quiera revisar cuáles habían sido seleccionados en una primera tanda. Para ello, al volver a la pantalla de selección de variables para los tratamientos, se puede seleccionar el botón **Consultar distribuciones ya cargadas**.

Nitrogeno .

Agua Inicial :

2.3- Matrices de correlación

En caso de estar interesados en los coeficientes de correlación existentes entre distribuciones, cliqueando la opción **Matriz** en la barra superior de la pantalla que muestra los tratamientos seleccionados (figura 7), se obtiene la matriz de coeficientes de correlación (figura 10).

Tabla de spearman			<input type="button" value="Volver"/>
Tratamiento	Maíz Tardío: Zona: Río Cuarto Aero - Ambiente: Ustipsament típico - Ciclo/fecha: Intermedio - 10/Dec - Agua: Húmedo - N: 140	Maíz Tardío: Zona: Venado Tuerto - Ambiente: Argudoi ácuico - Ciclo/fecha: Intermedio - 10/Dec - Agua: Húmedo - N: 140	
Maíz Tardío: Zona: Río Cuarto Aero - Ambiente: Ustipsament típico - Ciclo/fecha: Intermedio - 10/Dec - Agua: Húmedo - N: 140	1.00	-0.17	
Maíz Tardío: Zona: Venado Tuerto - Ambiente: Argudoi ácuico - Ciclo/fecha: Intermedio - 10/Dec - Agua: Húmedo - N: 140	-0.17	1.00	

Figura 10: Matriz de coeficientes de correlación de Spearman

3- Exportar distribuciones

Tanto para tratamientos individuales como comparaciones se pueden descargar las tablas en formato Excel y PDF seleccionando el ícono que se encuentra en la esquina superior izquierda de la tabla:



Los Gráficos se pueden imprimir o descargar en formato PNG, JPEG, SVG o PDF seleccionado el mismo ícono en la esquina superior derecha del gráfico.