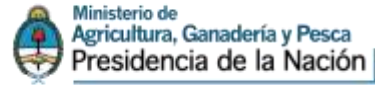




Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura



PROSAP-UTF/ARG/017/ARG
“Desarrollo Institucional para la Inversión”

ESTUDIO DE AMPLIACIÓN DEL POTENCIAL DE IRRIGACIÓN EN ARGENTINA

Metodología de Simulación Montecarlo

Julio 2014

Anexo: Metodología de Simulación de Montecarlo

I. Introducción

El objetivo de estas notas es esbozar los lineamientos de una evaluación económica de las inversiones y explotaciones agropecuarias

II. Indicadores básicos de rentabilidad considerados

Los indicadores básicos de rentabilidad son los siguientes:

- a) **Valor Actual Neto:** El valor actual neto representa el incremento o excedente monetario que tiene un proyecto por encima de la mejor alternativa en la cual se puede invertir el mismo monto del proyecto. Para poder estimar este indicador es necesario contar con la información necesaria del flujo de beneficios netos en cada período, el número de períodos que se considera será la “vida útil” del proyecto, la tasa de descuento y el monto de las inversiones (generalmente se considera “una” inversión “inicial”, sin embargo, pueden haber reinversiones en distintos momentos en el tiempo). Para reconstruir el flujo de beneficios netos a partir del “momento 1” es necesario tener el beneficio neto del proyecto. Generalmente este valor en los proyectos de riego está constituido por el valor bruto de la producción agrícola a los que se les ha descontado los costos de producción y de mantenimiento. La fórmula del VAN es igual a:

$$VAN(i) = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{VBP_j (1 - c_j)}{(1 + i)^j} + \frac{VR_n}{(1 + i)^n}$$

Donde:

$VAN(i)$: Valor Actual del Flujo de Beneficios Netos descontados a la tasa i .

I_0 : Inversión Inicial (o del “momento” cero)

VBP_j : Valor Bruto de la Producción del período “ j ”

c_j : proporción del VBP que representan los costos de producción y mantenimiento.

j : períodos del proyecto, que se extiende desde el período 1 al n .

n : duración o vida útil del proyecto.

VR_n : Valor Residual del proyecto al final de la vida útil del mismo.

Cuando n tiende a infinito (es decir, cuando la vida útil de proyecto es muy grande, tal como 40, 60, 70, 100 años ó más) y se considera que el VBP y el coeficiente c permanecen constantes a lo largo de toda la vida útil del proyecto, es posible simplificar el cálculo de este indicador, tal que:

$$VAN(i) = -I_0 + \frac{VBP (1-c)}{i} \quad (1)$$

- b) **Tasa Interna de Retorno (TIR):** La tasa interna de retorno es considerada como la tasa de rentabilidad del proyecto. Es “lo que rinden” los fondos colocados en el proyecto y no en otras explotaciones o inversiones financieras alternativas. Usando la definición de VAN anterior es fácil entender que si el flujo de fondos del proyecto es descontada a la TIR, el VAN no generará excedentes comparados con

su mejor alternativa, ya que la mejor alternativa es el mismo proyecto. Por ello, se puede definir a la TIR como la tasa que hace que el VAN sea igual a cero:

$$TIR = r \text{ tal que } VAN(r) = 0$$

Es decir,

$$VAN(r) = 0 = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{VBP_j (1 - c_j)}{(1 + r)^j} + \frac{VR_n}{(1 + r)^n}$$

Generalmente la tasa r se obtiene mediante un proceso “iterativo”, debido a que no es posible “despejarla” de manera analítica. Cuando el proyecto es de vida “infinita” o de muy larga duración es posible usar la forma simplificada de calcular el VAN¹, tal que la TIR es igual a:

$$TIR = r = \frac{VBP(1-c)}{I_0} \quad (2)$$

- c) **IVAN:** Este indicador es igual al Valor Actual Neto (VAN) por peso (o dólar) invertido (I_0). La fórmula es muy sencilla e igual a:

$$IVAN(i) = \frac{VAN(i)}{I_0} \quad (3)$$

III. Evaluación del Riesgo

Los indicadores anteriores se plantean en una “Línea de Base”. Esta línea de base debe confrontarse con distintas circunstancias en las cuales los supuestos implícitos en los flujos de fondos puedan cambiar. La manera de evaluar el riesgo ha sido a través de las siguientes técnicas: “Análisis de sensibilidad”, “Escenarios” y “Simulación Probabilística o de Montecarlo”.

a. Análisis de Sensibilidad

El “análisis de sensibilidad” consiste en hacer variar una o dos variables y recalculando los indicadores de rentabilidad anteriores para los valores de la/las variable/s elegida/s. Esta técnica tiene la desventaja de sólo poder simular al mismo tiempo sólo una o dos variables.

b. Escenarios

La técnica de Escenarios consiste en plantear distintas instancias, en las cuales se suponen los valores que prevalecerían de las variables en las mismas. Tiene la ventaja de poder cambiar más de dos variables. Tiene la limitación que es difícil simular una gran cantidad de escenarios. Por otro lado, los escenarios suelen representar situaciones en las que todas las variables toman una tendencia o situación extrema (“pesimista”; “intermedia o normal”; “optimista”; etc.) y rara vez ocurre que todas las variables asumen su valor optimista o pesimista al mismo tiempo. Generalmente, algunas variables pueden tomar valores que corresponden a una situación pesimista y otras a otro escenario.

Por tanto, la técnica de los escenarios da sólo extremos, dentro de los cuales existe o se sitúa la combinación de valores que pueden darse en la realidad. Es posible hacer, de todas

¹ Bajo los supuestos simplificados de tasa de descuento constante, VBP y c constantes.

maneras escenarios mixtos. Sin embargo, el número limitado de escenarios que es posible construir y la arbitrariedad de los mismos limitan la utilidad final de la herramienta.

La nueva tendencia en la evaluación del riesgo es usar la técnica de la “Simulación de Montecarlo” que se desarrollará a continuación.

c. Simulación de Montecarlo

El modelo de “Simulación de Monte Carlos” (SMC) simula los resultados que puede asumir un indicador de rentabilidad² (p.e. VAN, TIR, etc.), mediante la asignación aleatoria de un valor a cada variable pertinente del flujo de fondos. La selección de valores aleatorios otorga la posibilidad de que al aplicarlos repetidas veces a las variables relevantes (p.e. precio, rendimientos, hectáreas, etc.), se obtengan suficientes resultados de prueba para que se aproxime a la forma de una distribución de frecuencias “estimada” de los valores de la variable pertinente (p.e. VAN o TIR).

Cada variable relevante asume individualmente valores aleatorios concordantes con una distribución de probabilidades propia para cada una de ellas. El SMC se diferencia del análisis de sensibilidad porque en este último los valores de las variables son definidas según el criterio del evaluador, en tanto que en el Modelo de SMC los valores se asignan en función de la distribución de probabilidades que se asigne para cada uno y dentro del intervalo determinado por el evaluador.

Para ver la aplicación práctica se expondrá a continuación los pasos que se siguen aplicando el software *Simulaad40*. Existen otros softwares que son similares y no varían demasiado en su forma de aplicarlo.

² En realidad se aplica no sólo a indicadores de rentabilidad sino a cualquier resultado que surja de un proceso de combinación de variables que puedan simularse probabilísticamente.

1. Se referencian las celdas de las variables que se van a simular. En el caso que nos ocupa se han establecido las siguientes variables:

| Variable | Detalle |
|--|---|
| Has Cultivadas | Corresponde a las hectáreas relevadas por los consultores FAO y que se encuentran bajo riego superficial. |
| Demanda | Se refiere a los m ³ por ha que demanda la célula de cultivo del sistema considerado. |
| Eficiencia con proyecto | Es la eficiencia global del sistema que considera la eficiencia de transporte, distribución e intraparcularia. |
| CCC %Δ riego | Es el cambio en los requerimientos de riego debido al cambio climático. |
| CCC % variacion de caudal | Es el cambio en las variaciones de caudal en cada sistema debido al cambio climático. |
| Costo Inversión Captación y Distribución (Colectivo/Privada) \$/ha | Es el costo promedio por hectárea de las inversiones de captación y distribución |
| Costo Inversión Parcelar \$/ha | Es el costo promedio por hectárea de las inversiones al interior de las parcelas, generalmente referidas a técnicas y tecnologías de riego. |
| Incremento de Producción | Corresponde al aumento en los rendimientos de los cultivos de la célula productiva del sistema fruto de las inversiones realizadas |
| VBP/ha (U\$S/ha) | Es el Valor bruto de producción promedio por hectárea correspondiente a la célula de cultivo del sistema. |
| Costos producción/ha (U\$S/ha) | Es el costo de producción promedio por hectárea correspondiente a la célula de cultivo del sistema. |
| Costos de Mantenimiento CP (% s/Inversión con proyecto) | Corresponde a los costos de mantenimiento de la infraestructura, como porcentaje del valor de la misma. |

2. Se elige una distribución de probabilidades para cada una de las variables seleccionadas en el punto 1, indicando los parámetros que exige la distribución en particular (p.e. media, desvío estándar, límites superior o inferior, etc.). En el soft de referencia se hace posicionándose en la celda de la variable a iterar y tomando la opción “Insertar Variable Aleatoria”.

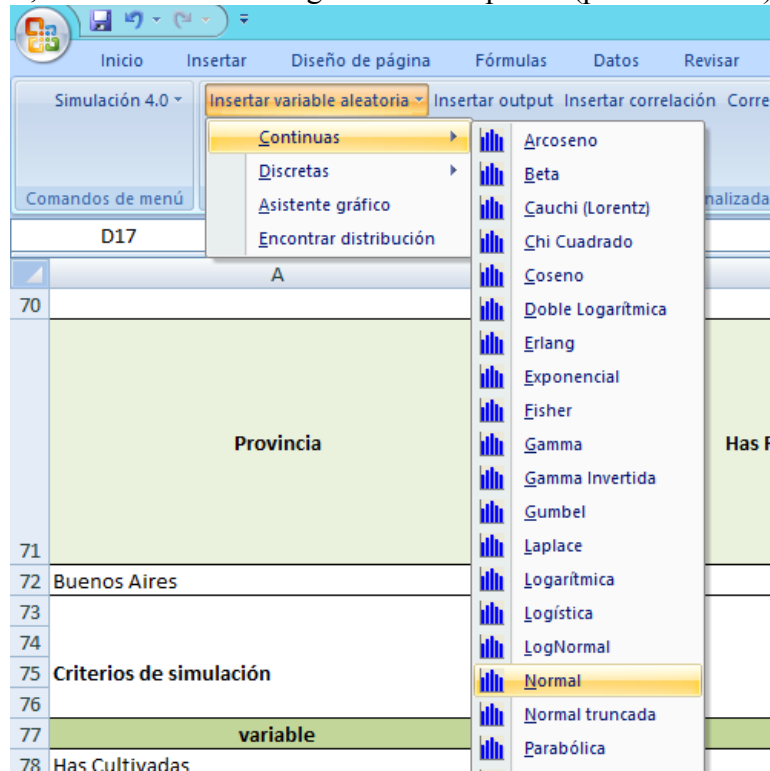
| | A | B | C |
|----|---|-----------------------|----------------------------|
| 67 | (**) Sólo si la suma de las hectáreas sin proyecto con cambio climático más las nuevas hectáreas es | | |
| 68 | | | |
| 69 | | | |
| 70 | | | |
| 71 | Provincia | Has Cultivadas | Has Reg Subterranea |
| 72 | Buenos Aires | 374.246 | 299.994 |
| 73 | | | |
| 74 | | | |

Celda de la variable elegida

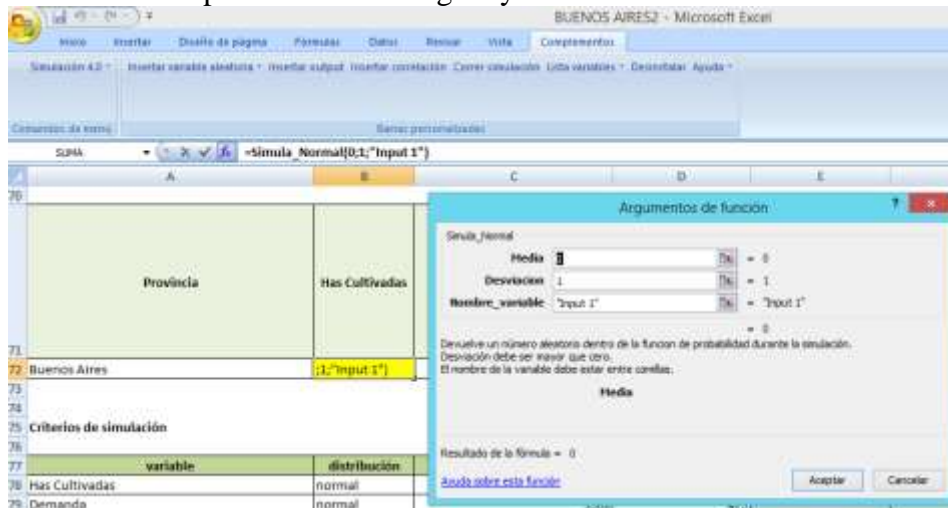
En esta opción se abren las posibilidades de funciones de distribución disponibles, clasificándose en “contínuas” o “discretas”.

| | A | B |
|----|------------------|-----------------------|
| 70 | | |
| 71 | Provincia | Has Cultivadas |
| 72 | Buenos Aires | 374.246 |
| 73 | | |
| 74 | | |

Al entrar en una de estas opciones (p.e. “Continuas”) se abre una serie de distribuciones, de la cual deberá elegirse la que corresponde (p.e. “Normal”).



Allí se abre una nueva ventana en la que se requieren los parámetros de la distribución de probabilidades elegida y el nombre con el cual será identificada.

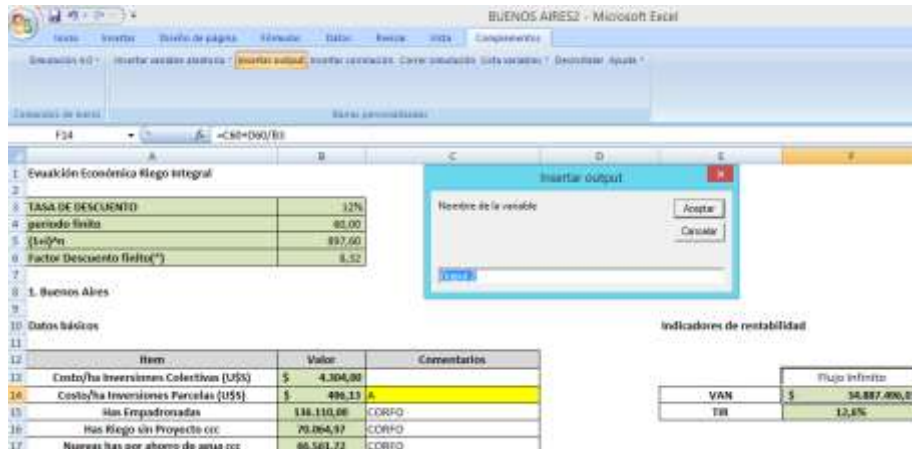


Este procedimiento se hace para cada una de las variables “input” elegidas, con sus correspondientes distribuciones de probabilidades y sus parámetros. En la tabla a continuación se presentan los inputs seleccionados, las distribuciones de probabilidades que se han elegido y los criterios para la asignación de los valores de los parámetros requeridos.

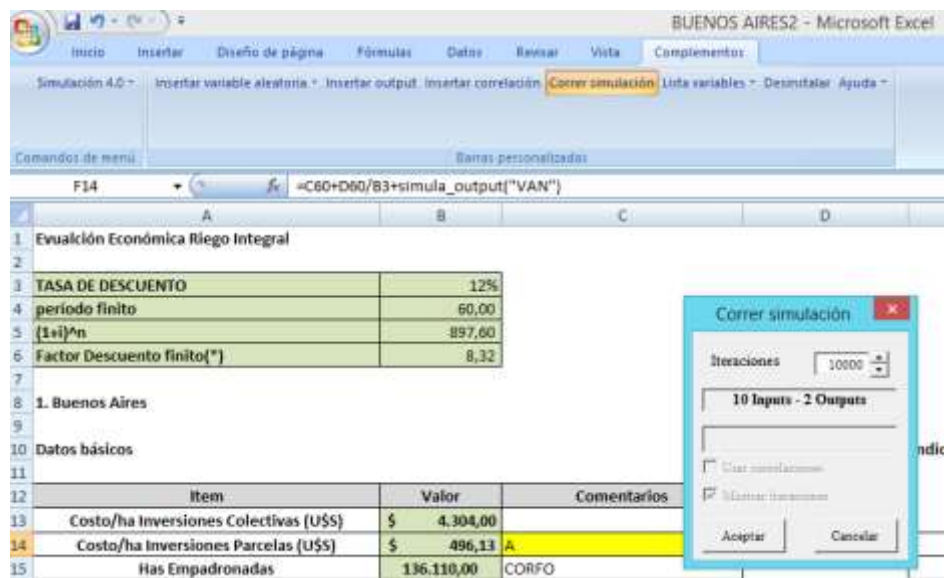
| Variable | Distribución | Media | Dispersión | Valor Medio | Valor Máximo y Mínimo |
|----------------|--------------|-------|------------|-------------|-----------------------|
| Provincia | | | | | |
| Buenos Aires | | | | | |
| Has Cultivadas | | | | | |
| variable | | | | | |
| Has Cultivadas | normal | | | | |
| Demanda | normal | | | | |

| Variable | Distribución | Media | Dispersión | Valor Medio | Valor Máximo y Mínimo |
|--|--------------|---------------------|--|---------------------|-------------------------|
| Has Cultivadas | normal | Valor Línea de base | 5 % de la media. 2 dispersiones abarca el 95% de los valores simulados | | |
| Demanda | normal | Valor Línea de base | 5% de la media. 2 dispersiones abarca el 95% de los valores simulados | | |
| Eficiencia con proyecto | triangular | | | Valor Línea de base | +/- 10% del valor medio |
| CCC %Δ riesgo | triangular | | | Valor Línea de base | +/- 25% del valor medio |
| CCC % variación de caudal | triangular | | | Valor Línea de base | +/- 25% del valor medio |
| Costo Inversión Captación y Distribución (Colectivo/Privada) \$/ha | normal | Valor Línea de base | 5 % de la media. 2 dispersiones abarca el 95% de los valores simulados | | |
| Costo Inversión Parcelar \$/ha | normal | Valor Línea de base | 5 % de la media. 2 dispersiones abarca el 95% de los valores simulados | | |
| Incremento de Producción | triangular | | | Valor Línea de base | +/- 10% del valor medio |
| VBP/ha (U\$S/ha) | normal | Valor Línea de base | 5 % de la media. 2 dispersiones abarca el 95% de los valores simulados | | |
| Costos producción/ha (U\$S/ha) | normal | Valor Línea de base | 5 % de la media. 2 dispersiones abarca el 95% de los valores simulados | | |
| Costos Mantenimiento CP (% s/Inversión con proyecto) | triangular | | | Valor Línea de base | +/- 10% del valor medio |

- Posteriormente se se posiciona en la celda de las variables “resultado” (p.e. VAN y TIR), cada una por separado y se usa la opción “Insertar Output”. Allí se pide un nombre con el cual será indentificada la variable “resultado u output” que será simulada probabilísticamente. En el caso de la siguiente gráfica corresponde asignarle el nombre de “VAN”.



- Posteriormente se le indica al complemento del Excel que comience la sensibilidad probabilística seleccionando la opción “Corre Simulación”. Allí se abrirá un cuadro de diálogo que le solicitará que explicita la cantidad de iteraciones a la que se someterá la simulación (p.e. 10.000).



En el cuadro de diálogo puede observarse la información de las iteraciones elegidas y de la cantidad de variables a simular (“Inputs” y “Outputs”). En el caso que nos ocupa las variables inputs son las señaladas en la tabla precedente y los outputs son VAN y TIR.

- Comenzar la iteración: con la opción “Aceptar”. Al elegir esta opción se abrirá otro archivo en donde se volcarán los resultados de la simulación.