

# Trabajo Fin de Grado

## Ingeniería de Organización Industrial

### Inversión con opciones reales en una explotación fresera de Huelva

Autor: Luis Sánchez Rodríguez

Tutor: José Miguel León Blanco

**Dpto. Organización Industrial y Gestión de  
Empresas I**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**

Sevilla, 2022





Trabajo Fin de Grado  
Ingeniería de Organización Industrial

# **Inversión con opciones reales en una explotación fresera de Huelva**

Autor:

Luis Sánchez Rodríguez

Tutor:

José Miguel León Blanco

Profesor Contratado Doctor

Dpto. de Organización Industrial y Gestión de Empresas I

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2022



Trabajo Fin de Grado: Inversión con opciones reales en una explotación fresera de Huelva

Autor: Luis Sánchez Rodríguez

Tutor: José Miguel León Blanco

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2022

El Secretario del Tribunal



*A mi familia*

*A mis maestros*



# Agradecimientos

---

Hacer un reconocimiento público y merecido a todas las personas que me han ayudado a poder concluir el Grado en Ingeniería de Organización Industrial y que han hecho posible este trabajo fin de grado. En especial, a todos mis profesores que incluso han llegado a ser un referente personal. Y a mi tutor el doctor José Miguel León Blanco, por su ayuda hasta el final, con mención especial a su paciencia.

También a toda mi familia y amigos por la confianza y los ánimos recibidos en todas las fases de la formación universitaria. Sin ellos no sería posible este proyecto, ni poder ser egresado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla.

*Luis Sánchez Rodríguez*

*Sevilla, 2022*



# Resumen

---

El propósito de este proyecto fin de carrera es aplicar una metodología correcta y apropiada para el análisis de inversiones cuando se incluye una opción real. En concreto, sobre la ampliación de la capacidad productiva que supone un incremento de la superficie explotada en el cultivo de la fresa por un grupo empresarial, ya que si se aplican los métodos tradicionales el resultado es erróneo.

La opción no representa una obligación sino un derecho de inversión que se podrá ejercer durante un periodo determinado, o al final como en este caso. Esto significa que la incertidumbre que toda decisión conlleva será menor que si la tuviéramos que tomar al inicio sin experiencia previa. Además, la volatilidad que puede existir en los rendimientos esperados supone la posibilidad de ganancias, ya que solo se ejecutará la opción en caso de convenir al inversor. Es decir, nunca se podrán originar pérdidas en el momento de la ejecución de una opción.

Por tanto, es imprescindible valorar esta opción e incluirla en el análisis de inversión. El método utilizado es la fórmula Black-Scholes modificada para opciones reales, comprobando sus diferencias con la fórmula original utilizada para las opciones financieras, y la relación de esta última con el método binomial.



# Abstract

---

The purpose of this final year project is to apply a correct and appropriate methodology for investment analysis when a real option is included. Specifically, on the expansion of the productive capacity, which supposes an increase of the surface exploited in the cultivation of the strawberry by a business group, since if the traditional methods are applied, the result is erroneous.

The option does not represent an obligation but an investment right that can be exercised during a certain period, or at the end as in this case. This means that the uncertainty that any decision entails will be less than if we had to make it at the beginning without previous experience. In addition, the volatility that may exist in the expected returns implies the possibility of profits, since the option will only be executed if it suits the investor. In other words, losses can never occur at the time of execution of an option.

Therefore, it is essential to assess this option and include it in the investment analysis. The method used is the modified Black-Scholes formula for real options, checking its differences with the original formula used for financial options and the relationship of the latter with the binomial method.



<b>Agradecimientos</b>	<b>ix</b>
<b>Resumen</b>	<b>xi</b>
<b>Abstract</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice</b>	<b>xv</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xvii</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xix</b>
<b>Notación</b>	<b>xxi</b>
<b>1 Introducción y objeto del trabajo</b>	<b>1</b>
<b>2 Marco teórico</b>	<b>3</b>
2.1 Preliminares.	3
2.2 Aportación de las opciones a los análisis tradicionales de inversión.	4
2.3 Opciones reales vs opciones financieras.	5
2.4 Fórmula Black-Scholes para opciones.	5
2.4.1 Fórmula Black-Scholes para opciones financieras.	5
2.4.2 Fórmula Black-Scholes para opciones reales sin cartera replica.	8
<b>3 La fresa en huelva</b>	<b>10</b>
3.1 Importancia del sector fresero en Huelva.	10
3.2 Factores diferenciales en la producción y el producto.	11
3.3 Datos de la campaña 2021/22.	13
<b>4 Análisis del proyecto</b>	<b>16</b>
4.1 Opciones reales en el proyecto.	16
4.2 Proyecto 1. Compra en su totalidad.	18
4.3 Proyecto 2. Compra parcial y opción contractual.	22
4.3.1 Fase A del Proyecto 2. Compra parcial.	22
4.3.2 Fase B del Proyecto 2. Opción de compra.	23
4.3.3 Volatilidad intrínseca en el pago de la opción contractual.	25
<b>5 Aplicación de la fórmula Black-Scholes</b>	<b>28</b>
5.1 Call del proyecto con fórmula de una opción financiera.	28
5.2 Tabla de sensibilidad según parámetros de opción financiera.	28
5.3 Parámetros para obtener el mismo resultado utilizando la fórmula de opción real.	29
5.4 Tabla de sensibilidad según parámetros de opción real.	31
5.5 Relación de la fórmula Black-Scholes con el método binomial.	32
<b>6 Conclusiones</b>	<b>34</b>
<b>7 Referencias</b>	<b>36</b>



# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Rendimientos grupo empresarial. (Elaboración propia)	17
Tabla 2. Datos compra finca total. (Elaboración propia)	18
Tabla 3. Datos inversión total. (Elaboración propia)	18
Tabla 4. Rendimiento técnico del sector. (Elaboración propia)	19
Tabla 5. Precios del sector. (Elaboración propia)	19
Tabla 6. Cash Flow operativo P1. (Elaboración propia)	20
Tabla 7. Coste de financiación ajena. (Elaboración propia)	20
Tabla 8. Tasa de descuento P1. (Elaboración propia)	21
Tabla 9. Precio de la tierra según estadísticas. (Elaboración propia)	21
Tabla 10. Valor P1 según VAN y escenarios. (Elaboración propia)	22
Tabla 11. Revisión de la inversión demorada 1 año. (Elaboración propia)	22
Tabla 12. VAN con distintos escenarios. (Elaboración propia)	23
Tabla 13. Rendimiento económico del sector. (Elaboración propia)	24
Tabla 14. Volatilidad del rendimiento económico. (Elaboración propia)	24
Tabla 15. Valor call de la opción. (Elaboración propia)	25
Tabla 16. Valor total del proyecto en diferentes escenarios. (Elaboración propia)	25
Tabla 17. Volatilidad intrínseca. (Elaboración propia)	25
Tabla 18. Tabla de sensibilidad para volatilidad intrínseca. (Elaboración propia)	26
Tabla 19. Valor call como opción financiera. (Elaboración propia)	28
Tabla 20. Tabla de sensibilidad de los parámetros en opción financiera. (Elaboración propia)	29
Tabla 21. Valor call como opción real. (Elaboración propia)	30
Tabla 22. Tabla de sensibilidad parámetros $\mu$ y $R_k$ . (Elaboración propia)	30
Tabla 23. Tabla de sensibilidad de los parámetros en opción real. (Elaboración propia)	31
Tabla 24. Tabla de sensibilidad parámetros $\mu$ y $V$ . (Elaboración propia)	32



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

Ilustración 1. Mapa conceptual valor call. (Elaboración propia)	7
Ilustración 2. Cultivos bajo plásticos en los municipios. (Junta Andalucía, 2017)	10
Ilustración 3. Climograma de Gausen para la Tierra Llana de Huelva. (J. A. Márquez 2007)	11
Ilustración 4. Evapotranspiración potencial y horas de sol. (J. A. Márquez 2007)	11
Ilustración 5. Ciclo anual del cultivo de la fresa. (Elaboración propia)	12
Ilustración 6. Factores de calidad de la fresa. (Elaboración propia)	12
Ilustración 7. Distribución de variedades de fresa. (Elaborado por el Observatorio)	13
Ilustración 8. Precios y volumen comercializado. (Elaborado por el Observatorio)	13
Ilustración 9. Precio medio de campaña. (Elaborado por el Observatorio)	14
Ilustración 10. Exportación e importación. (Elaborado por el Observatorio)	14
Ilustración 11. Rendimiento económico por calles. (Elaboración propia)	16
Ilustración 12. Relación inversa del rendimiento técnico y los precios. (Elaboración propia)	20
Ilustración 13. Método binomial. (Elaboración propia)	32



# Notación

---

C	Call
d	Factor down del modelo binomial
e	Número e
ha	Hectárea
K	Precio de ejercicio (Strike) o coste de la inversión
Kg	Kilogramos
Ln	Logaritmo neperiano
N	Distribución normal
P()	Probabilidad
R	Tasa de descuento sin riesgo
R <sub>k</sub>	Tasa de descuento con riesgo
r	Factor de descuento sin riesgo (1 + R)
r <sub>k</sub>	Factor de descuento con riesgo (1 + R <sub>k</sub> )
RE	Rendimiento económico (ventas € / ha)
RT	Rendimiento técnico (kg / ha)
ROV	Valor de una opción real
S	Precio actual del activo o valor actual de los flujos esperados
t	Periodo temporal de la opción (años)
u	Factor up del modelo binomial
V	Volatilidad anual de la acción o rendimiento económico
VAN	Valor actual neto
€	Euros
μ	Rentabilidad esperada por el inversor por unidad de tiempo (St/S)
σ	Desviación estándar o volatilidad anual de la acción o rendimiento económico
ξ	Variable aleatoria normal de media 0 y varianza la unidad



# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL TRABAJO

---

*La simplicidad es la máxima sofisticación.*

*- Leonardo Da Vinci -*

A pesar de encontrarnos en una sociedad avanzada en tecnología y ciencia, resulta que se siguen utilizando usualmente métodos tradicionales en el análisis de inversiones, los cuales son incapaces de incorporar la complejidad y flexibilidad que sin duda existen en la mayoría de los proyectos. De esta forma, es conveniente y necesario conocer y divulgar las herramientas disponibles que tengan en cuenta las opciones que se pueden dar en las decisiones.

Probablemente la falta de implementación de esta metodología se debe a un tratamiento matemático complejo de la cuestión, que hace difícil una comprensión intuitiva por parte del empresario. Incluso para el desarrollo del TFG, inicialmente se tuvo dificultades para comprender, profundizar y asimilar la materia a tratar.

De esta forma, existen para la valoración de las opciones distintos métodos que para coincidir en los resultados necesitan que algunos parámetros tengan determinados valores y no coinciden en el resto de los casos. En consecuencia, si hay tantos métodos disponibles se debe a que todavía falta por desarrollar un método general.

Por tanto, la cantidad de los métodos disponibles, su complejidad y la falta de comprensión intuitiva justifican los esfuerzos en desarrollar este proyecto fin de carrera sobre esta materia, siendo un intento de ayudar en su comprensión y de explicitar errores que se pueden cometer. Así en ocasiones, se usan las fórmulas y los procedimientos para la valoración de opciones financieras de forma literal para las opciones reales, sin tener en cuenta que no se dan las mismas hipótesis y supuestos de partida en unas que en otras.

En un primer lugar, hemos establecido el marco teórico de la materia que vamos a tratar, para posteriormente, incorporar aspectos relevantes del sector de la fresa en Huelva. Así como un análisis de un proyecto, en el que se aplica la valoración de opciones reales a la compra de una finca por parte de un grupo empresarial, ubicado en Huelva y dedicado a la explotación de la fresa y fresón con un sistema intensivo bajo plástico. En consecuencia, podemos decir que la metodología utilizada en este trabajo fin de carrera es la del caso.

A continuación, tratamos la aplicación de la fórmula Black-Scholes tanto para una opción financiera como para una opción real, obteniendo resultados diferentes en cada una. Por último, para detectar la sensibilidad del valor de la opción real call con los distintos parámetros que intervienen, se procede a desarrollar tablas aclarando los factores que explican un incremento o disminución en su valor. También se comprueba la correlación con los resultados aplicando un método binomial.

En conclusión, el desarrollo de la materia que nos ocupa se limita al análisis de una inversión mediante opciones reales que tiene en cuenta la posibilidad de ampliar el negocio. Para ello, se realiza un estudio de las particularidades en la utilización de la fórmula Black-Scholes, sin pretender un tratamiento general de la cuestión.



# 2 MARCO TEÓRICO

---

## 2.1 Preliminares.

El análisis de opciones reales tiene su origen en la valoración de las opciones financieras. Sin embargo, no se puede aplicar las mismas fórmulas, dado que hay un supuesto diferencial clave. La inversión en una opción financiera se puede replicar en una cartera compuesta por la compra de acciones y la financiación de un préstamo, y en una inversión real no es posible. Por tanto, las fórmulas se tienen que modificar (Fernández, 2008).

*La teoría de valoración de opciones se basa en que es posible construir una cartera (o activo gemelo) que replique los flujos de caja generados por la opción a valorar, lo que se realiza adquiriendo el activo subyacente y prestando o endeudándose al tipo de interés sin riesgo (el arbitraje se encargaría de igualar los precios de la opción y de la cartera) porque dicha cartera estaría totalmente cubierta. Pero esto implica que el activo subyacente debe ser negociado activamente en el mercado, lo que no suele ocurrir con los activos reales, por lo que el arbitraje tampoco conseguirá unificar los precios de las opciones reales y su cartera réplica o activo gemelo. (Mascareñas. 2019)*

El primer intento es el de Black-Scholes con su celebre fórmula para la valoración de opciones sobre acciones. Posteriormente, ha habido multitud de intentos por incorporar nuevos supuestos, desarrollando sus respectivos planteamientos matemáticos, que concluyen en una diversidad de métodos de las opciones. Realmente ninguno se puede considerar avances significativos a la materia tratada. Es de resaltar en el posterior desarrollo de esta fórmula a Merton, 1997.

Quizás el método binomial es el procedimiento alternativo más recurrente, pero analizando empíricamente ambos procesos los resultados no difieren de forma relevante, como comprobaremos en nuestro caso. Mencionar al respecto que el modelo binomial se inicia con Ross, Cox y Rubinstein en 1979. El tercer método más frecuente en la valoración de las opciones reales es la simulación de Montecarlo (Boyle, 1977) que se basa en procesos estocásticos.

Después de estas aportaciones que se consideran claves en el desarrollo de la valoración de opciones, se han sucedido numerosos esfuerzos por aplicar distintas metodologías a una variedad de sectores. Parece que otra aportación decisiva más reciente es la de los árboles de decisión ya que supone una simplificación del método y ayuda a una comprensión más intuitiva de los resultados.

En relación con el factor diferencial entre las opciones financieras y reales, podemos concretarlo en la dificultad de contestar a las siguientes tres preguntas respecto a las primeras:

1. ¿Qué parámetros son críticos en la valoración de las opciones reales? Si bien está clara la respuesta en las opciones financieras: la evolución del precio del activo subyacente; no es así en el caso de una opción real.
2. ¿Qué incertidumbre existe? Igualmente, en las opciones financieras hay solo una variable clara con incertidumbre, que es el precio de la acción. Sin embargo, en las opciones reales que suelen concretarse en proyectos de negocios suelen existir más de una variable explicativa del rendimiento, que carecen de una plena certeza en su evolución.
3. ¿Qué posibilidad hay de replicar la inversión? Una cartera réplica de un proyecto de negocio, que pueda consistir en la compra de acciones mediante un préstamo, difícilmente se da en la realidad. Sin embargo, para las opciones financieras sobre la compra/venta de una acción siempre está la alternativa de comprar/vender las acciones mediante un préstamo con un rendimiento idéntico a la opción, ya que en otro caso se iniciaría un proceso de arbitraje de compras y ventas en uno y otro caso. (Lamothe y otros, 2004)

## 2.2 Aportación de las opciones a los análisis tradicionales de inversión.

La valoración de una opción real es un concepto reciente (Myers, 1977), por lo que es de esperar que su aplicación sea cada vez más asidua en las empresas en un futuro y existan más investigaciones científicas al respecto.

Una aportación clave en la valoración de opciones reales sobre las técnicas de análisis tradicionales (VAN o TIR) es tener en cuenta la flexibilidad en un proyecto de inversión, pudiendo reducir la incertidumbre inicial. Este sería el caso por ejemplo en proyectos referidos a la explotación de pozos petrolíferos, al diseño de nuevos productos, a la ampliación de instalaciones productivas o a la inversión en I+D.

La aplicación de las opciones reales permite al inversor una toma de decisiones más adecuada y racional que si empleamos simplemente las técnicas tradicionales de VAR o TIR. Esto se debe a que la teoría de opciones tiene en cuenta la valoración de las oportunidades, pudiendo incluir un punto de vista no solo cuantitativo sino también estratégico de la empresa.

De esta forma, si no consideramos las opciones de un proyecto se puede concluir en que no interesa y, sin embargo, ser un proyecto rentable, ya que se tendrá un derecho y se demora la inversión para reducir el grado de incertidumbre de las variables claves en las decisiones a tomar.

Por ejemplo, supongamos que nos proponen la cesión de la explotación de un hotel para diez años. Si en este caso el precio actual de las habitaciones de alojamiento en la zona es inferior a su coste operativo, entonces obviamente diríamos que no es viable. Sin embargo, en realidad, si el precio actual cambia en la zona, tal vez si fuese interesante iniciar la explotación. Por lo que, si se dispone de la opción de iniciar o no la explotación para un periodo establecido, es necesario aplicar un método de análisis que incluya la valoración de esa opción.

Por tanto, siempre que los proyectos tengan la posibilidad de una futura flexibilidad es necesario aplicar la teoría de opciones, si no pudiéramos llegar a la conclusión errónea que un proyecto no interesa sólo con la información actual. La situación puede cambiar en un futuro y si se dispone de una opción, se podrían aprovechar posibles escenarios de rentabilidad.

¿A qué nos referimos cuando hablamos de opciones reales? (Mascareñas, 2018) Se suelen tener básicamente tres posibilidades:

a. Ampliar, reducir o abandonar el proyecto.

La opción de ampliar es la que tratamos en nuestro caso, en el que, tras una experiencia piloto sobre una superficie parcial de una gran finca, se puede ejecutar una opción de compra por el resto.

Si una vez que tenemos información se logra disminuir el grado de incertidumbre, se puede ampliar o reducir la inversión, por lo que habrá más posibilidades de incrementar los rendimientos.

Suele consistir en llevar a cabo una experiencia piloto, por lo que, este tipo de opción tiene un valor estratégico a considerar. Se pueden distinguir tres casos: adquisiciones del tipo estratégico, investigación y desarrollo, y proyectos multietapa. El valor de estas opciones es superior en los proyectos más volátiles y menor en los más estables.

Una de las opciones de ampliación más importantes son las de investigación y desarrollo, obteniendo una patente sobre un producto.

b. Aplazarlo en el tiempo.

Se daría cuando es posible demorar una inversión y no es imperativo invertir en una fecha determinada. Esto es una opción que por supuesto da valor al proyecto por su flexibilidad. Como consecuencia, se reduce la incertidumbre con más información o incluso esperar a la mejor coyuntura. Así, en el tiempo pueden variar tanto los flujos esperados como la tasa de descuento, y lo que ahora no es viable, puede llegar a ser un negocio muy interesante. Esta opción tendrá más valor para escenarios con alta incertidumbre y los flujos esperados inmediatos más inferiores.

c. Utilización de la inversión en usos alternativos.

Por ejemplo, si hay un proyecto que consiste en desarrollar un nuevo fármaco para una patología, y es posible su utilización también para un uso estético, esto supondría la posibilidad de superiores rendimientos futuros. En consecuencia, el proyecto puede tener más valor y se debe tener en cuenta.

Es recurrente comentar es el caso de Amazon, que se inició solo como una empresa de ventas de libros en Estados Unidos y ha terminado utilizando su estructura para multitud de nuevos negocios. (Collura y Applegate, 2000)

También es de consideración que la ejecución de una opción incluso puede generar la posibilidad de nuevas opciones, serían las conocidas como opciones compuestas. Por otra parte, pueden existir como ya hemos comentado más de una variable determinante con incertidumbre, dando lugar a la denominación de opciones arcoíris. Como veremos posteriormente nuestro caso no es ni una opción compuesta ni arcoíris. (Amram y Kulatilaka, 2000)

## 2.3 Opciones reales vs opciones financieras.

La opción financiera puede ser de compra o de venta. Si es de compra se denomina call y si es de venta, put.

- Call es un contrato que da derecho a adquirir en un plazo de tiempo un determinado número de acciones a un precio fijado.
- Put se define como un contrato de venta que dota a su poseedor del derecho a vender un determinado número de acciones a un precio fijado.

Por otro lado, si la opción se puede ejecutar en un periodo de tiempo en cualquier momento con anterioridad a la fecha establecida, diremos que es una opción americana. Si solo se puede ejecutar en la fecha acordada, entonces la opción será del tipo europea. Hay que recordar que el titular de la opción no tiene la obligación de ejercer tal derecho y, sin embargo, para la otra parte si es una obligación en caso de ejecutarse la opción.

Como veremos posteriormente, en nuestro caso se puede ejecutar la opción al vencimiento de un año, por lo que se considera una opción call europea y, por tanto, es aplicable la fórmula Black-Scholes, de otra forma sería necesario utilizar otro método, como pudiera ser el método binomial.

También debemos considerar que para calcular el valor de una opción financiera se utilizan fórmulas que tienen en cuenta una cartera que proporciona un rendimiento similar, a la que se denomina cartera réplica. Esto es posible al existir un proceso de arbitraje, consistente en operaciones de compraventa en los mercados que garantizan flujos monetarios idénticos de la opción y de la cartera réplica. Sin embargo, las opciones reales no tienen una cartera réplica por lo que hay que modificar las fórmulas de las opciones financieras.

En las opciones reales la flexibilidad de un proyecto de inversión hace necesario valorar las alternativas u opciones que se pueden dar durante su ejecución, obligando a una valoración de opciones reales ROV (Grenadier y Weiss, 1997). En otro caso, como ya hemos comentado, el análisis de la inversión del proyecto sería erróneo. Hay que considerar que el ROV será positivo cuando el inversor pueda aprovechar las opciones, pero si las pueden aprovechar terceros puede llegar a ser negativo.

## 2.4 Fórmula Black-Scholes para opciones.

### 2.4.1 Fórmula Black-Scholes para opciones financieras.

Podemos considerar que el primer intento de cuantificar el valor de una opción de forma novedosa fue la de los matemáticos Fisher Black y Myron Scholes, aportando su celebre fórmula (Black y Scholes, 1973) y obteniendo el premio nobel de economía en 1997.

$$C = S * N(x) - K * r^{-t} * N(x - \sigma\sqrt{t})$$

$$x = \frac{\ln\left(\frac{S}{K+r^{-t}}\right)}{\sigma\sqrt{t}} + \sigma\sqrt{t}/2$$

Donde,

C = Precio de la opción de compra en  $t=0$ .

t = Periodo vigencia opción.

r = 1 + tasa interés sin riesgo (deuda sin riesgo).

$\sigma$  = Volatilidad anual del activo subyacente (acción) en tanto por uno.

K = Precio de ejercicio o strike de la opción.

S = Precio de la acción en  $t=0$ .

$N(x)$  = Valor de la función de probabilidad acumulada de una distribución normal estándar.

En caso de que haya dividendos, se sustituye S por:  $S * (1 + d)^{-t}$ , según Merton cuando se consideran que los dividendos anuales de la acción son un porcentaje de su cotización y se pagan en modo continuo. Es decir, al precio actual de la acción habrá que restarle el precio actual de los dividendos.

La fórmula Black-Scholes se desarrolla con los siguientes supuestos:

- ① Se supone la siguiente trayectoria de  $S_t$  (precio de la acción):

$$S_t = S * e^{(\mu * t + \sigma \xi \sqrt{t})}$$

$\mu$  = rentabilidad ( $S_t/S$ ) esperada por el inversor por unidad de tiempo;  $\mu t = E[\ln(S_t/S)]$ .

$\sigma$  = volatilidad anual de la acción en tanto por uno.

$\xi$  = variable aleatoria normal de media cero y varianza la unidad.

- ② La rentabilidad de la acción sigue una distribución normal:

$$E(S_t) = S * e^{(\mu + \frac{\sigma^2}{2}) * t}$$

$E(S_t)$  es el valor esperado del activo en el periodo.

- ③  $C = \text{VAN flujos futuros} = [0; \text{si } S_t < K] \text{ y } [\text{VAN}(S_t - k); \text{si } S_t > k]$

$$C = \text{VAN}(S_t; S_t > K) * P(S_t > K) - \text{VAN}(K; S_t > K) * P(S_t > K)$$

C es el valor de la opción call en  $t_0$ . Hay que recordar que estamos desarrollando la fórmula para opciones financieras. Para el caso de opciones reales podemos entender que será la diferencia entre el valor actual de la inversión con la opción de ampliación y el valor actual de la inversión sin contar con esa acción de ampliación.

- ④ Al haber arbitraje con una cartera réplica, entonces  $\mu$  es la misma para todos y  $E(S_t)$  es S capitalizada a una tasa sin riesgo r.

$$E(S_t) = S * e^{(\mu + \frac{\sigma^2}{2}) * t} = S * r^t$$

- ⑤ Teniendo en cuenta que  $\mu t = E[\ln(S_t/S)]$  y que la opción tiene una réplica de acciones y préstamo.

$$\mu = \ln(r) - \frac{\sigma^2}{2}$$

Vemos como sólo depende de la volatilidad y r.

⑥ 
$$VAN(K; St > K) = K * r^{-t}$$

Es K actualizado a una tasa de descuento r.

⑦ Teniendo en cuenta ① y haciendo ln y diviendo por S, despejamos  $\xi$  (distribución normal) y utilizamos ⑤.

$$P(St > k) = N(x - \sigma\sqrt{t})$$

$$x = \frac{\ln\left(\frac{S}{K * r^{-t}}\right)}{\sigma\sqrt{t}} + \sigma\sqrt{t}/2$$

⑧ Teniendo en cuenta ④:

$$VAN(St; St > K) * P(St > K) = S * N(x)$$

Sustituyendo ⑥⑦⑧ en ③:

$$C = S * N(x) - K * r^{-t} * N(x - \sigma\sqrt{t})$$

Para que no haya arbitraje, entonces:

$S * N(x)$  = rentabilidad acciones en una cartera réplica.

$-K * r^{-t} * N(x - \sigma\sqrt{t})$  = coste de un préstamo para comprar esas acciones.

En la siguiente ilustración, resumimos el concepto de una opción en un mapa conceptual que aclara de manera visual el rendimiento que puede originar una call.

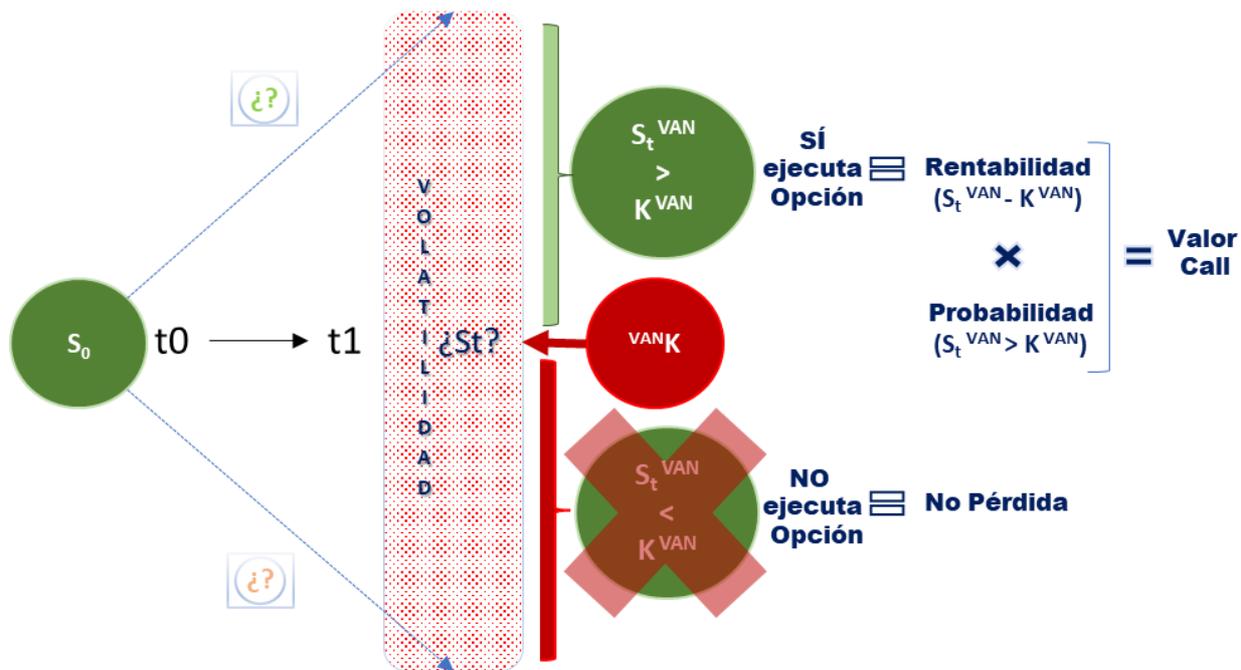


Ilustración 1. Mapa conceptual valor call. (Elaboración propia)

## 2.4.2 Fórmula Black-Scholes para opciones reales sin cartera replica.

Como hemos comprobado anteriormente, se toma para el desarrollo de la fórmula, supuestos que tienen en cuenta la existencia de una cartera réplica, con un rendimiento similar a la opción. Sin embargo, en una opción real difícilmente encontraremos un caso con la posibilidad de replicar una cartera con acciones y préstamos. Por tanto, es necesario modificar el desarrollo anterior, resultando lo siguiente (Fernández, 2008):

$$\textcircled{6} \quad \text{VAN}(K; St > K) = K * r_k^{-t}$$

Es K actualizado a una tasa de descuento r con riesgo.

$$\textcircled{7} \quad P(St > k) = N(y - \sigma\sqrt{t})$$

$$y = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + t\mu + t\sigma^2}{\sigma\sqrt{t}}$$

Al ser una opción real nos referimos a la probabilidad de que el valor actual de los flujos esperados sea superior a los costes de la inversión.

$$\textcircled{8} \quad \text{VAN}(St; St > K) * P(St > K) = S * e^{\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} * (r')^{-t} * N(y)$$

$$C = S * e^{\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} * (r')^{-t} * N(y) - K * (r')^{-t} * N(y - \sigma\sqrt{t})$$

Comprobamos que se usa un tipo de descuento con riesgo, ya que no disponemos de la posibilidad de utilizar arbitraje con una cartera réplica. En caso de un activo financiero ya vimos que tomamos el tipo de descuento sin riesgo, tanto para actualizar el activo subyacente como el precio strike.

Una vez expuesto el contexto del conocimiento sobre opciones reales hasta la actualidad, procedemos a incorporar información sectorial tanto de la actividad como del área geográfica que vamos a tratar.



## 3 LA FRESA EN HUELVA

Las fuentes de información utilizadas en el desarrollo de este epígrafe son las referencias publicadas por la Junta de Andalucía: datos básicos y síntesis del Observatorio de precios y mercados (Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, 2022), y el libro de referencia *La fresa de Huelva* (Consejería de Agricultura y Pesca, 2008).

### 3.1 Importancia del sector fresero en Huelva.

La introducción del cultivo de la fresa en la provincia de Huelva se puede datar en los años setenta, siendo desde entonces clave para su desarrollo económico y social. Es un sector esencial para la exportación y de los más dinámicos, junto a los cítricos y el turismo.

Por otra parte, aporta un 9% de la producción mundial de la fresa y un 25% de la de Unión Europea. Además, es junto con California como el segundo polo de producción, tecnología e investigación del mundo. La provincia de Huelva concentra el 94% de la producción de fresa nacional y es la principal productora europea. Así, con apenas el 2% de la tierra cultivada, genera más del 50% de la renta agraria. A continuación, mostramos la zona fresera.

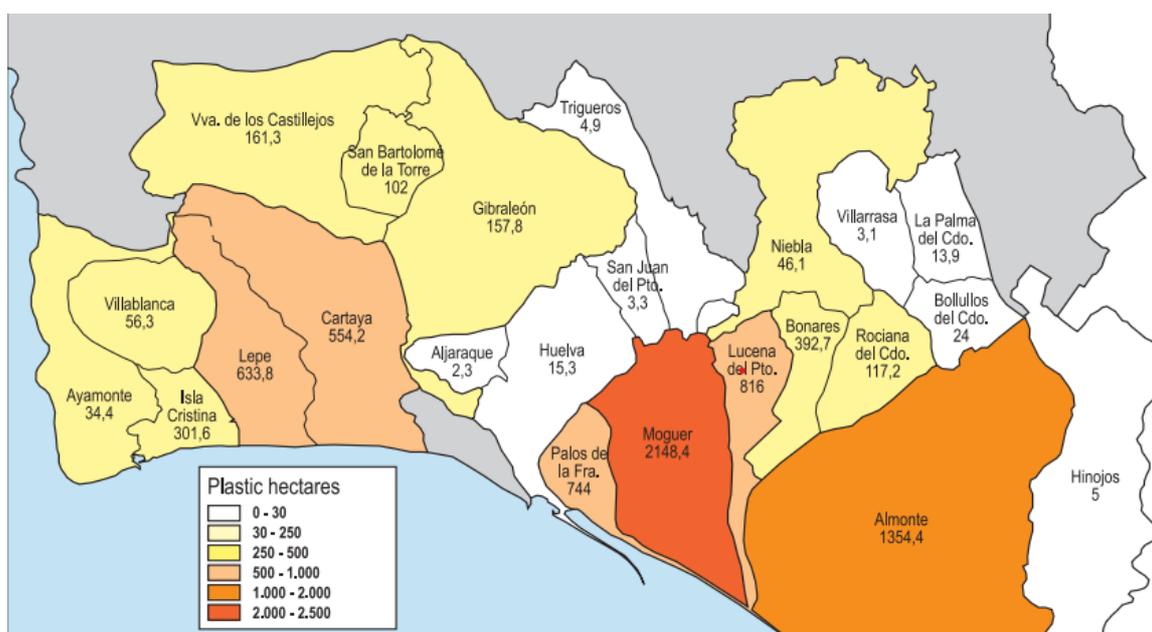


Ilustración 2. Cultivos bajo plásticos en los municipios. (Junta Andalucía, 2017)

El sector fresero ha demostrado a lo largo de los años su enorme capacidad de innovación y de adaptación a los cambios en el mercado y en la sociedad. Más de un 70 % de la superficie fresera se cultiva bajo las estrictas normas de la producción integrada, que implican un riguroso control sobre el uso de los recursos naturales (suelo y agua) y reducen al mínimo el recurso a productos fitosanitarios y fertilizantes. También, ha logrado desarrollar una eficaz organización que permite dar respuestas colectivas al complejo problema de la mano de obra necesaria para la recolección.

*La fresa en la provincia representa un 27% de la industria agroalimentaria por número de establecimientos. Genera unos 12.000 puestos de trabajo de empleo directo, que suponen un 17,5% de la población total provincial. Un amplio mercado laboral que acoge, entre octubre y junio, a casi 80.000 jornaleros entre nacionales y extranjeros, siendo 32.000 trabajadores extranjeros contratados en origen. La mujer tiene un protagonismo importante en los trabajos de esta agricultura, alcanzando actualmente un 46% de la mano de obra empleada.*

Podemos afirmar que el cultivo de la fresa ha sido capaz de superar las restricciones para llegar a los mercados europeos e internacionales. Para ello utiliza modernas técnicas de fertirrigación, polinización natural inducida, desinfección de suelos, túneles, invernaderos e investigación genética. Las condiciones naturales de suelos y luz constituyen el principal factor competitivo de los campos onubenses. (La fresa de Huelva, 2008)

### 3.2 Factores diferenciales en la producción y el producto.

El clima constituye un recurso natural esencial para la agricultura. En este territorio se caracteriza por escasas precipitaciones, una suavidad de las temperaturas y la carencia de heladas. Si bien no obtienen del medio las precipitaciones necesarias para su supervivencia, se le suministra agua artificialmente procedente del acuífero.

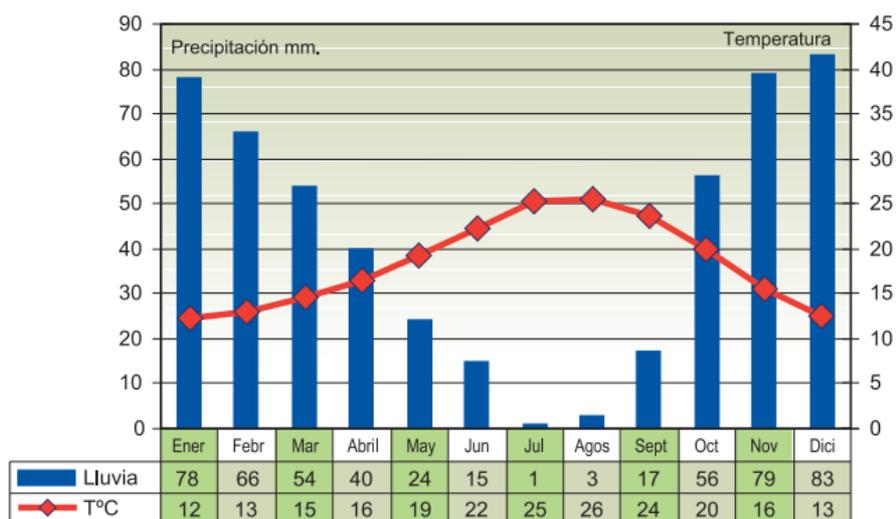


Ilustración 3. Climograma de Gausen para la Tierra Llana de Huelva. (J. A. Márquez 2007)

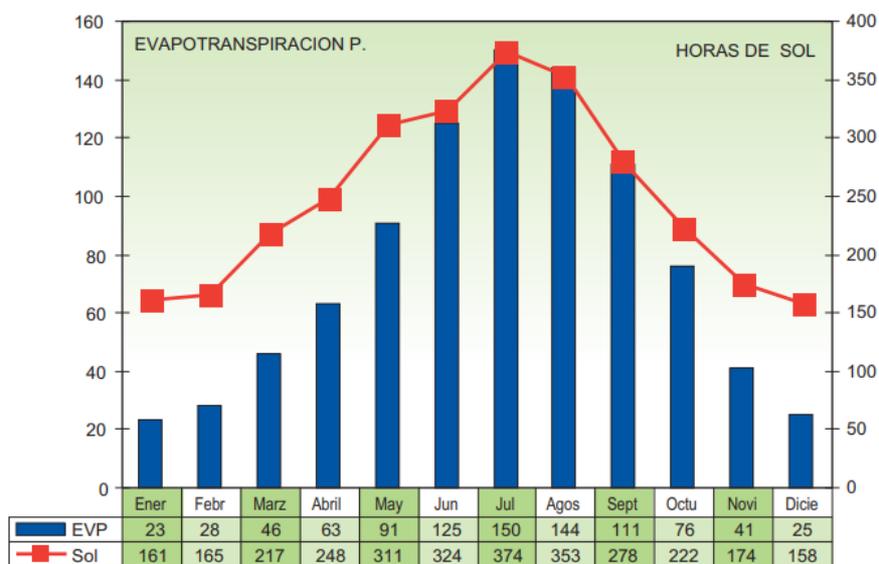


Ilustración 4. Evapotranspiración potencial y horas de sol. (J. A. Márquez 2007)

Por otra parte, los campos de arena son un factor esencial en los rendimientos de la tierra, ya que son suelos con un extraordinario valor en el cultivo de la fresa.

En cuanto al ciclo anual de la campaña y sus fases, hay que decir que:

- La fecha de plantación suele darse desde la primera decena de octubre hasta la primera mitad de

noviembre.

- Posteriormente, se procede a riegos localizados para el correcto enraizamiento y entrada en vegetación de las plantas, lo que se complementa con riegos por aspersión o microaspersión.
- Tras un mes de la plantación se realiza la cubierta plástica protectora de micro o macro túneles. Por lo tanto, hasta ese momento las condiciones de cultivo son al aire libre.
- También desde mediados de noviembre se inicia y mantiene a lo largo de todo el ciclo el programa de nutrición mineral mediante fertirrigación y tratamientos fitosanitarios.
- Finalmente tenemos el proceso de recolección donde más personas participan. Se inicia en las primeras semanas de enero, dependiendo de la climatología de la campaña y de la zona de producción. Esta fase termina en las primeras semanas de junio. Lo que, si debemos tener en cuenta, es una clara tendencia al adelanto de las fechas para aprovechar precios superiores.



Ilustración 5. Ciclo anual del cultivo de la fresa. (Elaboración propia)

En cuanto al producto final que es la fresa, los cinco parámetros esenciales a la hora de determinar la calidad de esta son las recogidas en la siguiente ilustración.



Ilustración 6. Factores de calidad de la fresa. (Elaboración propia)

### 3.3 Datos de la campaña 2021/22.

En la campaña 21/22 lo más significativo ha sido el incremento de los costes de producción consecuencia de la coyuntura internacional. Casi el 80% de la superficie cubierta por plástico se concentra en siete municipios, siendo Moguer el que mayor superficie acoge, seguido de Almonte, Lepe, Cartaya, Lucena del Puerto, Gibraleón y Palos de la Frontera.

La superficie de fresa se ha mantenido y es la variedad Fortuna la más implantada en la provincia como podemos comprobar en el siguiente gráfico.

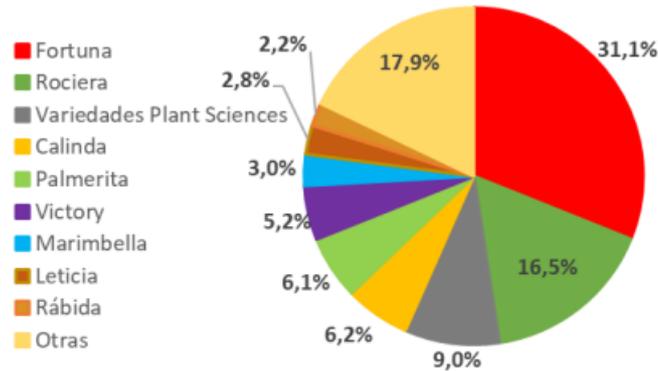


Ilustración 7. Distribución de variedades de fresa. (Elaborado por el Observatorio)

Todas las explotaciones freseras tienen como objetivo prioritario desestacionalizar la producción, procurando incrementar la misma al inicio de campaña para aprovechar los precios más elevados. Por otra parte, se pretende no tener tanta producción concentrada en las semanas de abril. Para este propósito es fundamental seleccionar las variedades que lo posibilitem. En el siguiente gráfico podemos constatar la anterior circunstancia descrita.

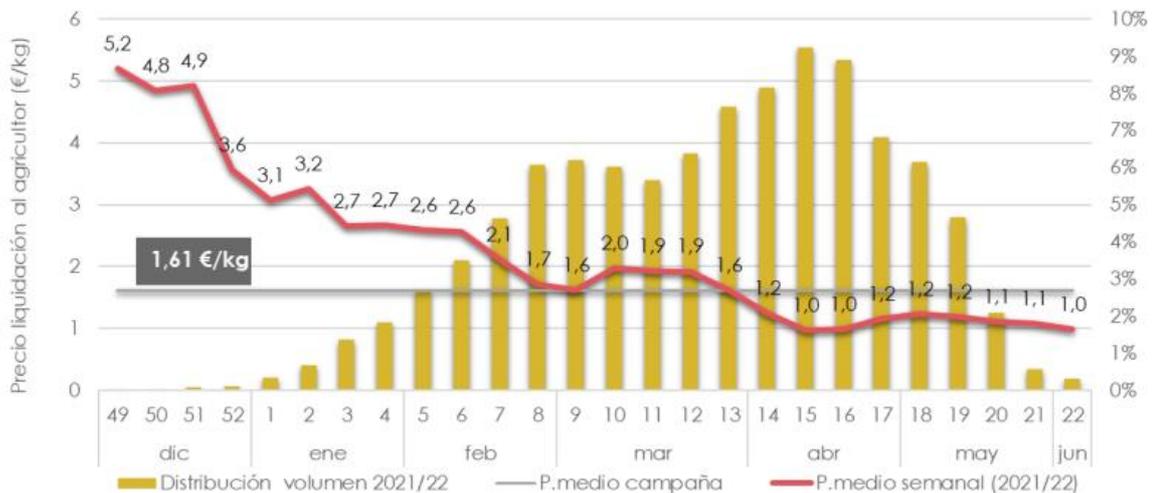


Ilustración 8. Precios y volumen comercializado. (Elaborado por el Observatorio)

Como consecuencia de esa estrategia se consiguen mejores precios e inferior producción ya que se anticipa la recolección y las condiciones climatológicas no son las más adecuadas.

Con respecto, a la campaña 21/22 comentar la evolución que ha tenido: la recolección se inició con volúmenes inferiores, pero con mejores precios que la campaña anterior. En febrero se superaba el volumen que se obtuvo en 2021, a pesar de lo cual los precios en origen se mantuvieron en niveles similares. Con las lluvias de marzo parte de la producción se perdió y la demanda superaba a la oferta, lo que impulsó los precios al alza hasta entrado el mes de abril. Este aumento de las cotizaciones en las principales semanas de recolección hizo que en esta campaña se alcanzase el mejor precio medio de todas las anteriores campañas.

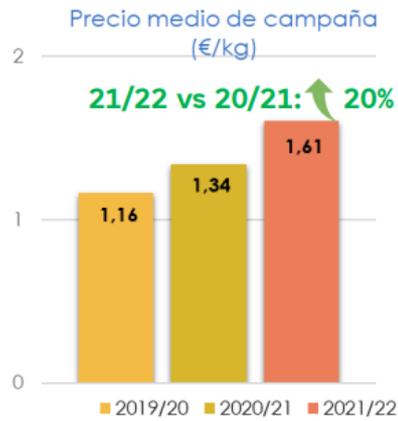


Ilustración 9. Precio medio de campaña. (Elaborado por el Observatorio)

En cuanto a los países de exportación e importación se representa en los siguientes gráficos.

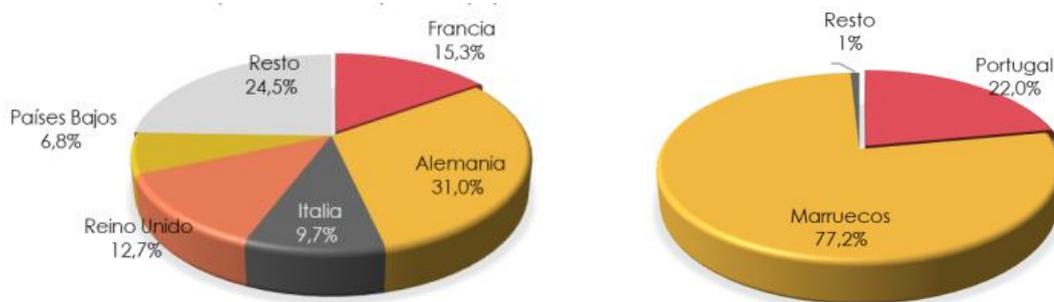


Ilustración 10. Exportación e importación. (Elaborado por el Observatorio)

Con toda la información anterior, se constata la importancia del cultivo de la fresa tanto para el sector agrícola como para el junto de la economía provincial. Por tanto, se justifica el interés por utilizar todas las herramientas disponibles para el análisis de inversiones en este sector. A continuación, se describe el caso práctico real planteado en este trabajo fin de grado.



# 4 ANÁLISIS DEL PROYECTO

El grupo empresarial que nos ocupa recibe la propuesta de compra de una finca con una superficie de 123'84 hectáreas por un precio total de 12.631.680 euros. Lo considera una gran oportunidad de expansión de su negocio, pero su perfil como inversor es muy prudente y tiene dudas por el elevado importe de la inversión.

También es de consideración en sus dudas que carecen de información sobre el rendimiento de la finca, ya que hasta el momento no se dedicaba a la explotación de la fresa y como hemos visto existe bastante diversidad en los rendimientos para distintas ubicaciones y terrenos. Esto provoca un escenario de incertidumbre en el inversor.

A continuación, vamos a aplicar tanto los métodos tradicionales como los de valoración de opciones reales a este caso. En concreto, hay que decidir entre dos proyectos que consideramos alternativos en la cuestión planteada.

a. Proyecto 1: Compra de la finca en su totalidad.

b. Proyecto 2: Compra de una parte (experiencia piloto) y opción de compra contractual por el resto.

Todos los datos relacionados con esta operación del grupo empresarial se han recogido mediante reuniones mantenidas con personal directivo del mismo. Siempre salvo guardando la confidencialidad de los datos e identidad.

## 4.1 Opciones reales en el proyecto.

El proyecto de inversión que vamos a tratar consiste en lo siguiente: a un grupo empresarial ubicado en Huelva dedicado a la explotación de la fresa, se le presenta la oportunidad de adquirir una finca de 123'84 hectáreas en la zona Berry de la provincia.

La viabilidad de este proyecto dependerá del rendimiento que se pueda obtener y al respecto hay incertidumbre. Así, podemos comprobar en las distintas calles de las fincas que actualmente explota la diversidad existente en los rendimientos de los últimos 3 años, como demuestra el siguiente gráfico de dispersión.

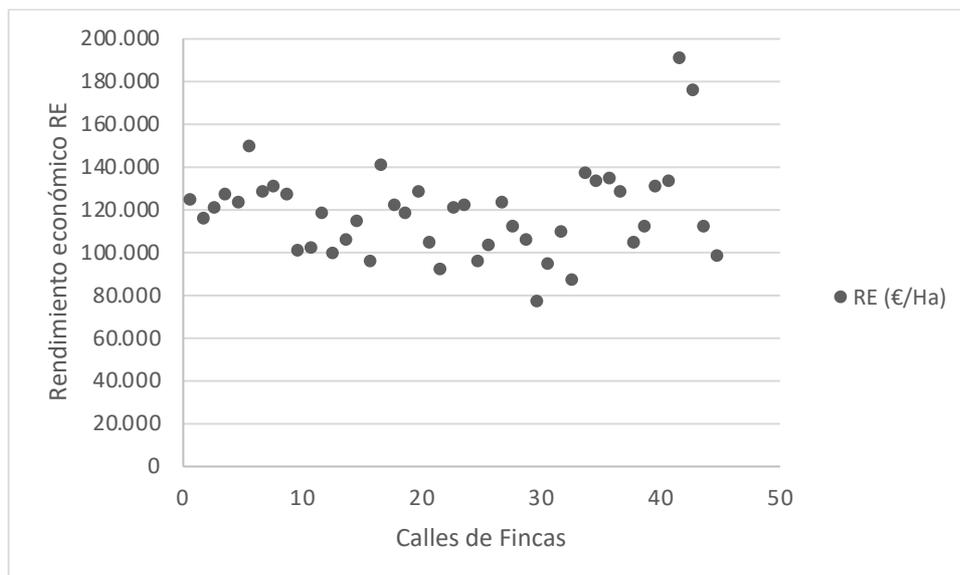


Ilustración 11. Rendimiento económico por calles. (Elaboración propia)

Los datos de entrada son los disponibles en la siguiente tabla, siendo RT el rendimiento técnico (kg/ha) y RE el rendimiento económico (€/ha):

Finca	Calle	2020				2021				2022				Promedio: RT (Kg/Ha)	RE (€/Ha)
		Has	Kg Netos	RT (Kg/Ha)	RE (€/Ha)	Has	Kg Netos	RT (Kg/Ha)	RE (€/Ha)	Has	Kg Netos	RT (Kg/Ha)	RE (€/Ha)		
				Precio: 2,16				Precio: 2,37					Precio: 2,67		
A	1	2,10	90.885 Kg	43.279	93.482	2,10	126.961 Kg	60.457	143.284	2,10	106.695 Kg	50.807	135.656	51.515	124.141
A	2	2,02	83.400 Kg	41.287	89.180	2,02	104.431 Kg	51.699	122.526	2,02	99.157 Kg	49.088	131.064	47.358	114.257
A	3	2,20	96.479 Kg	43.854	94.725	2,20	118.246 Kg	53.748	127.383	2,20	113.073 Kg	51.397	137.230	49.666	119.779
A	4	1,86	90.517 Kg	48.665	105.117	1,86	99.438 Kg	53.461	126.703	1,86	100.785 Kg	54.185	144.675	52.104	125.498
A	5	2,60	139.111 Kg	53.504	115.569	2,60	126.044 Kg	48.478	114.894	2,60	131.162 Kg	50.447	134.693	50.810	121.719
A	6	3,73	239.263 Kg	64.145	138.554	3,73	219.695 Kg	58.899	139.592	3,73	233.592 Kg	62.625	167.209	61.890	148.452
A	7	1,87	106.861 Kg	57.145	123.433	1,87	77.854 Kg	41.633	98.671	1,87	110.920 Kg	59.315	158.372	52.698	126.825
A	8					1,65	88.015 Kg	53.342	126.422	1,65	82.185 Kg	49.809	132.990	51.576	129.706
A	9					3,70	202.794 Kg	54.809	129.898	3,70	168.659 Kg	45.584	121.708	50.196	125.803
A	10					3,60	108.316 Kg	30.088	71.308	3,60	172.293 Kg	47.859	127.784	38.973	95.546
A	11					3,40	98.073 Kg	28.845	68.362	3,40	169.116 Kg	49.740	132.806	39.292	100.584
E	12					1,50	73.340 Kg	48.894	115.878	1,50	66.794 Kg	44.529	118.893	46.711	117.385
E	13					2,00	90.959 Kg	45.479	107.786	2,00	66.698 Kg	33.349	89.042	39.414	98.414
E	14					1,70	79.404 Kg	46.708	110.699	1,70	63.596 Kg	37.409	99.883	42.059	105.291
E	15					0,70	35.942 Kg	51.346	121.691	0,70	27.448 Kg	39.211	104.693	45.279	113.192
E	16					8,50	347.115 Kg	40.837	96.784	8,50	297.911 Kg	35.048	93.579	37.943	95.181
E	17									2,70	141.390 Kg	52.367	139.819	52.367	139.819
E	18									2,70	122.126 Kg	45.232	120.769	45.232	120.769
E	19									3,20	140.755 Kg	43.986	117.442	43.986	117.442
E	20									2,90	137.748 Kg	47.499	126.823	47.499	126.823
L	21	4,20	199.124 Kg	47.410	102.407	4,20	183.386 Kg	43.663	103.482	4,20	167.231 Kg	39.817	106.311	43.630	104.066
L	22	4,00	97.432 Kg	24.358	52.613	4,00	176.227 Kg	44.057	104.414	4,00	173.742 Kg	43.435	115.973	37.283	91.000
L	23	3,44	204.301 Kg	59.390	128.282	3,44	156.863 Kg	45.600	108.071	3,44	160.601 Kg	46.686	124.652	50.559	120.335
L	24	3,00	178.145 Kg	59.382	128.265	3,00	124.841 Kg	41.614	98.625	3,00	154.399 Kg	51.466	137.415	50.821	121.435
L	25	1,52	46.660 Kg	30.697	66.306	1,52	75.489 Kg	49.664	117.703	1,52	56.563 Kg	37.212	99.357	39.191	94.456
L	26	4,71	314.643 Kg	66.803	144.295	4,71	192.873 Kg	40.950	97.051	4,71	112.802 Kg	23.950	63.945	43.901	101.764
L	27	4,66	336.475 Kg	72.205	155.963	4,66	185.646 Kg	39.838	94.417	4,66	202.476 Kg	43.450	116.011	51.831	122.130
L	28	6,03	426.495 Kg	70.729	152.774	6,03	134.099 Kg	22.239	52.705	6,03	286.528 Kg	47.517	126.871	46.828	110.783
L	29	2,26	138.666 Kg	61.357	132.530	2,26	67.288 Kg	29.774	70.563	2,26	93.430 Kg	41.341	110.380	44.157	104.491
L	30					3,78	101.611 Kg	26.881	63.708	3,78	125.221 Kg	33.127	88.450	30.004	76.079
L	31					3,90	132.934 Kg	34.086	80.783	3,90	156.958 Kg	40.246	107.456	37.166	94.119
L	32					3,30	150.432 Kg	45.586	108.038	3,30	134.721 Kg	40.825	109.002	43.205	108.520
L	33					4,00	186.801 Kg	46.700	110.680	4,00	92.165 Kg	23.041	61.520	34.871	86.100
M	34	2,42	138.190 Kg	57.103	123.343	2,42	156.714 Kg	64.758	153.476	2,42	117.811 Kg	48.682	129.982	56.848	135.600
M	35	3,05	159.004 Kg	52.132	112.606	3,05	193.735 Kg	63.520	150.542	3,05	151.737 Kg	49.750	132.832	55.134	131.993
M	36	3,10	178.353 Kg	57.533	124.272	3,10	185.893 Kg	59.965	142.118	3,10	155.202 Kg	50.065	133.674	55.855	133.355
M	37	3,15	187.051 Kg	59.381	128.263	3,15	182.413 Kg	57.909	137.244	3,15	139.055 Kg	44.145	117.866	53.812	127.791
M	38	3,40	192.145 Kg	56.513	122.069	3,40	195.170 Kg	57.403	136.045	3,40	67.972 Kg	19.992	53.378	44.636	103.831
M	39	1,60	72.720 Kg	45.450	98.172	1,60	81.045 Kg	50.653	120.048	1,60	68.646 Kg	42.904	114.553	46.336	110.924
M	40	2,38	134.503 Kg	56.514	122.070	2,38	127.015 Kg	53.368	126.481	2,38	126.401 Kg	53.110	141.803	54.330	130.118
M	41	2,08	106.538 Kg	51.220	110.636	2,08	122.669 Kg	58.976	139.772	2,08	114.390 Kg	54.995	146.837	55.064	132.415
M	42									4,00	283.407 Kg	70.852	189.174	70.852	189.174
M	43									4,00	262.216 Kg	65.554	175.029	65.554	175.029
T	44	1,32	50.421 Kg	38.198	82.507	1,32	67.201 Kg	50.910	120.657	1,32	64.464 Kg	48.836	130.393	45.981	111.185
T	45	2,30	68.524 Kg	29.793	64.353	2,30	103.833 Kg	45.145	106.993	2,30	104.336 Kg	45.363	121.120	40.100	97.489

Tabla 1. Rendimientos grupo empresarial. (Elaboración propia)

Como veremos posteriormente, utilizando un método tradicional sobre la compra de la totalidad de la oferta recibida se tendría que desestimar la inversión. Pero si planteamos comprar inicialmente un número reducido de hectáreas con la opción dentro de un año de comprar el resto, los resultados cambian al valorar la opción real de ampliación de la inversión. Esto es así ya que después de una campaña de explotación de la finca piloto reducimos la incertidumbre sobre el rendimiento.

Al respecto decir, que no es un proyecto que aplicando dos procedimientos de inversión se obtienen resultados distintos, sino que son dos proyectos diferenciados y distintos. Al primero se le puede aplicar métodos tradicionales de análisis (VAN), y al segundo es necesario aplicar un método capaz de valorar una opción real para una correcta valoración.

La ampliación que hemos considerado en nuestro caso es de incremento de la inversión, pero también pudiera darse otros casos de ampliación por nuevos negocios, nuevas áreas geográficas, nuevos clientes e incluso nuevas barreras de entrada (Collura, Meredith y Applegate, 2000).

En nuestro caso no consideramos que la opción sea compuesta, ya que no genera nuevas posibilidades de opciones, solo tenemos la opción de comprar el resto de las hectáreas al año siguiente.

Tampoco es una opción arcoíris, ya que consideramos sólo una variable con incertidumbre que es el rendimiento económico de la inversión, medido como producción vendida en euros por hectárea. Si bien el precio por kg de fresa y los kgs producidos por hectárea son también inciertos, resulta que más cantidad producida de fresa va asociada a un precio inferior de mercado y viceversa, como veremos posteriormente.

Por tanto, lo que realmente importa es el mix de ambas variables, es decir, el rendimiento económico:

$$\frac{kg}{ha} \times precio = \frac{kg}{ha} \times \frac{venta \text{ €}}{kg} = \frac{venta \text{ €}}{ha}$$

Con respecto a los costes de producción los consideramos ciertos y conocidos por la experiencia del equipo directivo del inversor, esto facilita la simplificación en el tratamiento del caso.

También es de considerar que la opción no se podrá ejecutar hasta la finalización de la campaña, que será cuando se conozcan los resultados del rendimiento, siendo por tanto una opción europea:

- a. La plantación y preparación de los terrenos se realiza en los meses de octubre y noviembre.
- b. Las primeras fresas se recogen y comercializan en el mes de diciembre, teniendo la punta de producción en marzo-abril y finalizando en junio. Por otra parte, habrá cobros a cliente hasta el mes de julio.

Será en el mes de septiembre cuando se firme el contrato con la opción de ampliar hectáreas en el mismo mes del año siguiente.

## 4.2 Proyecto 1. Compra en su totalidad.

Por las características del proyecto vamos a calcular el VAN por el método tradicional, para lo cual procederemos a determinar los distintos parámetros necesarios.

- o Inversión inicial.

La inversión tiene dos componentes. El primero es la compra de la finca:

Has:	123,84
Precio €/ha:	102.000
Total Finca €:	12.631.680

Tabla 2. Datos compra finca total. (Elaboración propia)

El segundo componente es la inversión necesaria en la preparación de la finca para la explotación de las fresas, además de instalaciones, maquinarias y utillaje. Este importe asciende a 3.520.449 euros, es un 27'87% del precio del terreno y lo consideramos un valor sin incertidumbre tanto por la gran experiencia del inversor como que ya existen presupuestos de todas las partidas.

Compra terreno:	12.631.680
Preparación y otros:	3.520.449
Total Inversión:	16.152.129
Coste ha:	130.427

Tabla 3. Datos inversión total. (Elaboración propia)

En los datos anteriores de inversión se incluyen impuestos y otros gastos necesarios, como pueden ser la notaría, la tasación o el registro.

- o Periodo temporal de la inversión.

Después de la primera campaña y una vez comprobado el rendimiento de la finca se decidirá si continuar o no con la explotación de esta. Por tanto, vamos a analizar la inversión en el periodo de un año.

o Cash Flow de explotación.

Para su cálculo se determinan los siguientes parámetros:

- Superficie (hectáreas). Establecida anteriormente en la compra del terreno, 123'84 hectáreas.
- Rendimiento técnico (kg/ha). Este dato lo tomamos de las estadísticas publicadas por organismos oficiales. Lo establecemos en 47.223 kg/ha, que es el último promedio móvil a 5 años. Se ha utilizado esta tasa móvil para obtener un dato más consistente y que muestre una clara tendencia.

*Análisis de Campaña. Cultivo: Fresa y fresón. Provincia: Huelva  
(Observatorio de precios y mercados de la Junta de Andalucía, 2015-2022)*

Año	Superficie Ha	Producciones T	Rendimiento técnico Kg/Ha	Promedio móvil 5 años
2015	6.835	388.891	56.897	-
2016	6.400	366.514	57.268	-
2017	6.355	349.143	54.940	-
2018	6.629	334.655	50.483	-
2019	6.848	341.654	49.891	53.896
2020	6.936	262.757	37.883	50.093
2021	6.796	350.590	51.588	48.957
2022	6.777	313.560	46.268	47.223

Tabla 4. Rendimiento técnico del sector. (Elaboración propia)

Este dato no es significativo sin tener en cuenta la evolución del precio, así para determinar el cash flow esperado se toma el rendimiento económico que es un indicador mixto de ambos parámetros.

- Precio (€/kg). Se determina un precio de 2'25 €/kg, siendo muy similar a lo obtenido por el inversor en sus explotaciones actuales. Se ha considerado el precio mayorista, ya que la empresa comercializa directamente en el canal de distribución.

*Datos de precios (€/kg). Cultivo: Fresa y fresón  
(Observatorio de precios y mercados de la Junta de Andalucía, 2015-2022)*

Año	Precio Agricultor	Precio Mayoristas	Promedio móvil 5 años
2015	1,05	1,86	-
2016	1,05	1,59	-
2017	1,18	1,88	-
2018	1,27	2,19	-
2019	1,08	1,90	1,88
2020	1,16	2,13	1,94
2021	1,34	2,59	2,14
2022	1,61	2,42	2,25

Tabla 5. Precios del sector. (Elaboración propia)

- Rendimiento económico (€/ha). Como ya hemos comentado es un indicador mixto de cantidad (rendimiento técnico) y calidad (precio), siendo el resultado de multiplicar ambos datos, es decir 106.252 €/ha. Ya hemos comentado que el rendimiento técnico y el precio tienen una relación inversa, como podemos comprobar en el siguiente gráfico. Por esta razón tomamos el rendimiento económico como la variable determinante a tener en cuenta.

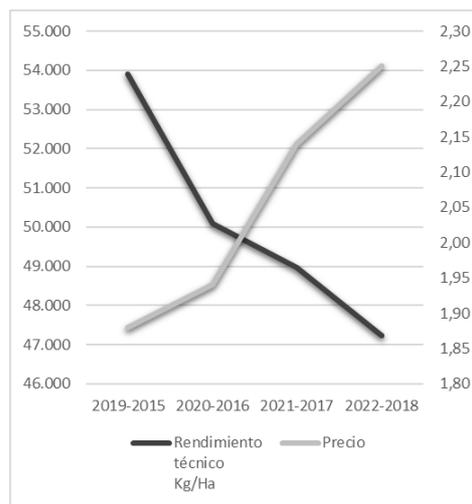


Ilustración 12. Relación inversa del rendimiento técnico y los precios. (Elaboración propia)

- Producción vendida (€). Ascende a 13.158.217 €, resultado de multiplicar el rendimiento económico por el número de hectáreas.
- Cash Flow neto de explotación (€). El grupo inversor cuenta con una gran experiencia y una estructura fija capaz de gestionar sin costes fijos adicionales la nueva finca. Por tanto, el Cash Flow se determina en un porcentaje de la producción vendida que asciende a un 10'07%. Se ha tenido en cuenta para este cálculo la existencia de economía de escala y por supuesto la economía de experiencia. Esto representa una simplificación para nuestro caso.

Has	123,84
Kg/Has	47.223
Precio €	2,25
Producción vendida €/ha:	106.252
Producción vendida €:	13.158.217
Margen cash:	10,07%
Cash Flow:	1.325.032

Tabla 6. Cash Flow operativo P1. (Elaboración propia)

- o Tasa de descuento.

Para establecer la tasa de descuento vamos a calcular el coste ponderado de financiación. En concreto la financiación ajena será un 70% del total y la financiación propia un 30%. Estos porcentajes de participación se deben a que las entidades bancarias no suelen conceder más del porcentaje indicado anteriormente.

- Coste de financiación ajena. El tipo de interés de referencia es el Euribor, 1'85% al 1 de septiembre de 2022, al cual le incrementamos el diferencial de financiación que el grupo inversor tiene para los préstamos de campaña 21/22, 1'23%. Además, le incrementamos el diferencial que existe en el inversor de los préstamos a largo plazo con respecto a los de corto plazo, 0'37%. Estos diferenciales son datos reales con los que se financia el grupo inversor. Por tanto, el tipo de interés para los préstamos firmados en la campaña 22/23 es de un 3'45%.

Euribor 12 meses:	01/09/2022	1,85%
Diferencial campaña 21-22:		1,23%
Diferencial préstamos L/P con C/P:		0,37%
Tipo de interés de préstamos campaña 22-23:		3,45%

Tabla 7. Coste de financiación ajena. (Elaboración propia)

- Coste de financiación propia. Los resultados exigidos por los accionistas para nuevas inversiones son un 5'76% de la aportación de capital, según las reuniones mantenidas con la dirección del grupo empresarial. Este es el retorno histórico que tienen como promedio y lo consideran el mínimo a recibir para nuevas inversiones.
- Coste de financiación ponderado o tasa de actualización. Ascende a 4'14%.

Coste de financiación ajena	70%	3,45%
Coste de financiación propia	30%	5,76%
Coste de financiación ponderado		4,14%

Tabla 8. Tasa de descuento P1. (Elaboración propia)

- o Valor residual. Para establecer el valor residual utilizamos las estadísticas sobre los precios de la tierra para el cultivo de fresa/fresón en la provincia de Huelva. Así comprobamos que el promedio móvil a 3 años es de 130.220 €/ha, similar al promedio anual. Por tanto, se establece como valor residual promedio 16.126.445 € (130.220 €/ha x 123,84 ha).

*Datos de Precios de la Tierra (€/Ha). Cultivo: Fresa y fresón. Provincia: Huelva*

Año	Máximo	Mínimo	Promedio anual	Promedio móvil 3 años	factor up	Promedio móvil 3 años	factor down	Promedio móvil 3 años
2016	166.148	79.762	121.584	-	1,37	-	0,66	-
2017	161.691	86.835	127.121	-	1,27	-	0,68	-
2018	167.741	90.491	135.603	128.103	1,24	1,29	0,67	0,67
2019	168.439	91.382	135.002	132.575	1,25	1,25	0,68	0,68
2020	161.969	84.777	124.075	131.560	1,31	1,26	0,68	0,68
2021	170.704	79.584	131.584	130.220	1,30	1,28	0,60	0,65
Promedio:	166.115	85.472	129.162		1,29		0,66	

Tabla 9. Precio de la tierra según estadísticas. (Elaboración propia)

Sin embargo, hay que tener en cuenta los precios de la tierra máximos y mínimos, ya que en el primer caso supondrán plusvalías adicionales (factor up, 1'28), y en el segundo un riesgo que se está asumiendo si hay un rendimiento deficiente (factor down, 0'65) que provoca un precio de la tierra similar al mínimo de las estadísticas.

Una vez que hemos establecido todos los parámetros, se consideran tres escenarios posibles:

- Escenario normal. Son los valores considerados en el desarrollo del caso hasta el momento. A partir de este escenario y sus datos elaboramos uno óptimo y otro pésimo de alto riesgo.
- Escenario down o de riesgo. Se aplica el factor down (promedio móvil 3 años, 0'65) tanto al Cash Flow como al valor residual del escenario normal. Recordamos que, a menor rendimiento, menor es el precio de la tierra.
- Escenario up u óptimo. Se utiliza de igual forma el factor up (promedio móvil 3 años, 1'28).

Escenarios (€):	Normal	Down (riesgo)	Up (óptimo)
		0,65	1,28
Inversión inicial	16.152.129	16.152.129	16.152.129
Periodo	1	1	1
Cash flow	1.325.032	861.271	1.696.042
Tasa descuento	4,14%	4,14%	4,14%
Valor residual	16.126.445	10.482.189	20.641.849
VAN	605.659	-5.259.567	5.297.840

Tabla 10. Valor P1 según VAN y escenarios. (Elaboración propia)

Siendo,

Cash flow	$1.325.032 * 0,65 = 861.271$	$1.325.032 * 1,28 = 1.696.042$
Valor residual	$16.126.445 * 0,65 = 10.482.189$	$16.126.445 * 1,28 = 20.641.849$

Por tanto, existe un riesgo de más de 5 millones de euros en este proyecto, si el rendimiento de la finca fuera deficiente. Dado que el perfil inversor del grupo es muy prudente no acepta el proyecto planteado, ya que existe el riesgo de una pérdida superior a 5 millones de euros.

### 4.3 Proyecto 2. Compra parcial y opción contractual.

Como alternativa se tiene el proyecto 2, el cual tiene dos fases:

a. Compra de una parte de la superficie ofrecida, que se considera una experiencia piloto para determinar el rendimiento de la finca. Se compra en julio, se prepara hasta el mes de octubre, donde se inicia la plantación. La producción y comercialización se realiza de diciembre a junio, que es el periodo de la campaña de fresa en Huelva.

b. Firma de una opción contractual para la compra del resto de la superficie, al finalizar la campaña piloto. Por tanto, al año se puede ejecutar la opción de compra procediendo al mismo cronograma de la fase 1. La contraprestación por esta opción es un pago en la firma del contrato de un importe que asciende a 100.000 €. Por otra parte, dentro de un año, el coste de la compra del terreno se incrementa un 2% sobre el precio inicial ofertado, y los costes de la preparación y compra de otros activos en un 3%.

€	Actual	Incremento	En un año
Precios terrenos:	11.584.140	2,00%	11.815.823
Coste preparación:	3.228.500	3,00%	3.325.355
Total Inversión:	14.812.640		15.141.178

Tabla 11. Revisión de la inversión demorada 1 año. (Elaboración propia)

Es decir, el valor actual del proyecto asciende a 14.812.640 € y el coste de llevarlo a cabo dentro de un año en caso de ejecutar la opción es de 15.141.178 €.

#### 4.3.1 Fase A del Proyecto 2. Compra parcial.

Los parámetros de esta fase serán similares a los del proyecto 1 pero con una superficie inferior, en concreto se establece para la misma 10'27 hectáreas. Esta extensión se corresponde justo con una ubicación que se encuentra segregada en el Registro de la Propiedad y con fácil acceso y explotación independiente.

Escenarios (€):	Normal	Down (riesgo)	Up (óptimo)
		0,65	1,28
Inversión inicial	1.339.489	1.339.489	1.339.489
Periodo	1	1	1
Cash flow	109.884	71.425	140.652
Tasa descuento	4,14%	4,14%	4,14%
Valor residual	1.337.359	869.284	1.711.820
VAN	50.227	-436.174	439.348

Tabla 12. VAN con distintos escenarios. (Elaboración propia)

Siendo,

Cash flow	$109.884 * 0,65 = 71.425$	$109.884 * 1,28 = 140.652$
Valor residual	$1.337.359 * 0,65 = 869.284$	$1.337.359 * 1,28 = 1.711.820$

#### 4.3.2 Fase B del Proyecto 2. Opción de compra.

Para analizar esta fase del proyecto es necesaria la valoración de esta opción. A continuación, procedemos a establecer los parámetros necesarios para su cálculo según la fórmula Black-Scholes. Por otra parte, hay que recordar que en nuestro caso el activo subyacente es motivo contractual entre dos partes, donde se establece su precio.

- Precio actual del activo subyacente (S).

El activo subyacente de la opción es el resto de la finca que falta por comprar y su valor actual es el conocido según la tabla 11, siendo su importe de 14.812.640 €. Es decir, es el VAN en el año 0 de los flujos esperados en el caso de ejecutar la opción. Este importe equivale a un VAN en el año 1 de 15.425.809 €, resultante de capitalizar el VAN del año 0 con la tasa de descuento utilizada durante el año 1 ( $14.812.640 * 1,041395$ ). El VAN del año 1 equivale a una capitalización a largo plazo del cash flow anual (1.215.148 €) con un 7'88% de rentabilidad exigida por los inversores a largo plazo,  $1.215.148/0,078774$ .

- Periodo temporal de la acción (t).

En el contrato se establece que al año se puede ejecutar la opción, suficiente para conocer el rendimiento de una campaña de la finca.

- Precio de ejercicio o strike (K).

Este es el precio por el que se puede ejecutar la opción, que como podemos comprobar en la tabla 11 asciende a 15.141.178 €.

- Factor de descuento ( $r_k$ ).

Si aplicamos la fórmula Black-Scholes para opciones financieras se tendría que usar el factor de descuento sin riesgo,  $r = 1 + R$ , siendo R el tipo de interés anual sin riesgo. Para el cual podemos tomar el rendimiento del bono alemán a 10 años, que en 1/9/22 es 1'58%, ya que es la referencia para la prima de riesgo de los bonos públicos del resto de países. Es decir, el factor de descuento r asciende a 1'0158.

Sin embargo, para las opciones reales donde no suele haber una cartera que replica su rendimiento,

tenemos que aplicar una fórmula Black-Scholes modificada como veremos posteriormente. siendo necesario tomar un factor de descuento con riesgo. Para esto utilizamos la tasa de descuento del proyecto 1 y la fase A del proyecto 2, donde hemos incluido el riesgo asignado a la empresa y su proyecto por el sistema financiero y los inversores, siendo por tanto  $r_k = 1'0414$ .

- Volatilidad anual del activo S ( $V =$  desviación estándar).

Para el cálculo entendemos que el precio de la tierra es directamente proporcional al rendimiento económico de la misma. Es decir, ambos parámetros varían en la misma proporción y, por tanto, como coinciden en su volatilidad, procedemos al cálculo de la desviación estándar no sesgada del rendimiento económico promedio, según las estadísticas del Observatorio de precios de la Junta de Andalucía.

*Análisis de Campaña. Cultivo: Fresa y fresón. Provincia: Huelva (Observatorio de precios y mercados de la Junta de Andalucía)*

Año	Rendimiento técnico Kg/Ha	Precio	Rendimiento económico €/Ha
2015	56.897	1,86	105.828
2016	57.268	1,59	91.056
2017	54.940	1,88	103.287
2018	50.483	2,19	110.559
2019	49.891	1,90	94.793
2020	37.883	2,13	80.691
2021	51.588	2,59	133.612
2022	46.268	2,42	111.969

Tabla 13. Rendimiento económico del sector. (Elaboración propia)

En la siguiente tabla  $R_t$  es el rendimiento económico de una hectárea al final del año  $t$  y  $V$  la volatilidad anual o desviación estándar de ese rendimiento, siendo de un 25'10%.

año	(1) $S_t$	(2) $S_t/S_{t-1}$	(3) $R_t = \ln(2)$	(4) $R_t - \mu$	(5) $\wedge^2$
0	105.828				
1	91.056	0,860410	-0,150346	-0,159909	0,025571
2	103.287	1,134326	0,126039	0,116476	0,013567
3	110.559	1,070404	0,068036	0,058473	0,003419
4	94.793	0,857399	-0,153852	-0,163415	0,026704
5	80.691	0,851233	-0,161069	-0,170632	0,029115
6	133.612	1,655850	0,504315	0,494752	0,244779
7	111.969	0,838017	-0,176717	-0,186280	0,034700
Suma:		7,267639	0,056405	0,046842	0,377856
Media:	103.974	1,038234	0,008058		0,053979
			$\mu$		0,062976
					0,062976
					0,250950
					$V$

varianza sesgada  
sin sesgo (se divide por n-1)  
anual  
raiz (varianza anual)

Tabla 14. Volatilidad del rendimiento económico. (Elaboración propia)

Debido a lo determinante que es este parámetro para el cálculo del valor de la opción (call), vamos a contrastarlo con el factor up de las estadísticas del precio de la tierra, utilizando la fórmula del modelo binomial  $u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}}$ . Es decir,  $\sigma = \ln(u)$ , siendo  $u = 1'28$  según la tabla 9. Por tanto, la volatilidad de esta forma calculada es de 24'69%, muy similar al resultado anterior, el cual vamos a considerar

consistente. Por tanto, podemos tomar como volatilidad el dato de 25'10%.

- o Rentabilidad anual esperada por el inversor ( $\mu$ ).

Ya que estamos utilizando las fórmulas modificadas de Black-Scholes para opciones reales sin cartera réplica, es necesario establecer el parámetro  $\mu$ . Vamos a utilizar el promedio del rendimiento obtenido en el cálculo de la volatilidad, que asciende a 0'81% ( $\mu = 0'008058$  en la tabla 14).

Una vez que hemos obtenido todos los datos necesarios y aplicando la fórmula modificada de Black-Scholes resulta un valor de la opción call que asciende a 1.597.412 €.

S	14.812.640
t	1
K	15.141.178
$R_k$	4,14%
V	25,10%
$\mu$	0,81%
Valor de la opción (€):	1.597.412

Tabla 15. Valor call de la opción. (Elaboración propia)

Finalmente, procedemos a valorar el proyecto total en los tres escenarios, teniendo en cuenta el valor de la compra parcial, el coste a pagar a la firma de la acción contractual y el valor call.

Escenarios (€):	Normal	Down (riesgo)	Up (óptimo)
+ Valor de la opción	1.597.412	1.597.412	1.597.412
+ Valor fase A	50.227	-436.174	439.348
-Pago contractual	-100.000	-100.000	-100.000
= Valor Total	1.547.639	1.061.238	1.936.760

Tabla 16. Valor total del proyecto en diferentes escenarios. (Elaboración propia)

Por tanto, el proyecto 2 es positivo, interesa y ninguno de sus escenarios es negativo.

### 4.3.3 Volatilidad intrínseca en el pago de la opción contractual.

La parte vendedora ha establecido un pago de 100.000 € a la firma del contrato de la opción, es decir, el valor de la opción según esta parte asciende a esa cantidad. ¿Qué volatilidad ha tenido en cuenta para la cuantificación de ese pago?

Esta cuestión se da frecuentemente en la compra de opciones financieras, ya que la propia opción cotiza en un mercado bursátil. Así, el procedimiento no es determinar la volatilidad para calcular su valor sino el inverso, tenemos el valor de cotización, y por tanto podemos comprobar qué dato de volatilidad está tomando el mercado.

En nuestro caso concreto al cuantificar la opción la parte vendedora en 100.000 € está tomando una volatilidad intrínseca del 3'13%.

S	14.812.640	
t	1	
K	15.141.178	
$R_k$	4,14%	
V	3,13%	= Volatilidad intrínseca
$\mu$	0,81%	
pago contractual de la opción (€):	100.000	

Tabla 17. Volatilidad intrínseca. (Elaboración propia)

Para su cálculo es necesario utilizar un método de iteración sobre la fórmula hasta obtener el valor de 100.000€. Hemos utilizado “buscar objetivo” en el “análisis de datos” de Excel.

La volatilidad intrínseca del pago contractual de la opción es muy inferior a la del proyecto, por lo que nos indica que no se ha hecho un análisis correcto por la parte vendedora.

En la siguiente tabla, comprobamos que para poder obtener una volatilidad intrínseca superior al 3'13% necesitaríamos tener rendimientos esperados negativos.

	-37,26%	-27,11%	-17,70%	-9,02%	0,81%	$\mu$
3,13%	0	0	0	19	100.000	
10,00%	13	728	13.150	100.000	515.239	
15,00%	3.028	22.075	100.000	309.865	849.140	
20,00%	28.486	100.000	268.854	582.358	1.206.868	
25,10%	100.000	244.652	504.409	903.416	1.597.412	

**V**

Tabla 18. Tabla de sensibilidad para volatilidad intrínseca. (Elaboración propia)



# 5 APLICACIÓN DE LA FÓRMULA BLACK-SCHOLES

Para comprobar qué incidencia habría en la valoración de la opción para el caso que estamos tratando, si utilizamos la fórmula Black-Scholes sin modificar y obviando que no existe una cartera réplica, vamos a proceder a su cálculo. También analizaremos para este supuesto una tabla de sensibilidad por parámetros y la correlación con el método binomial.

## 5.1 Call del proyecto con fórmula de una opción financiera.

Aplicando la fórmula sin modificar se obtiene el siguiente resultado:

S	14.812.640	precio actual del activo subyacente
K	15.141.178	precio de ejercicio o strike
R	1,58%	tasa libre de riesgo (anual)
V	25,10%	volatilidad del precio del activo subyacente
t	1	tiempo para $v^o$ (años)
r	1,0158	$(1+R)$
$r^{-t}$	0,984446	$(1+R)^{-t}$
Ko	14.905.668	$VAN(K; St > K) = K * r^{-t}$
S/Ko	99,38%	$S / VAN\_K$
Ln	-0,006261	$\ln(S/Ko)$
factor $\sigma\sqrt{t}$	25,10%	$\sigma \sqrt{t}$
X	0,100527	$(Ln/factor)+(factor/2)$
N(X)	0,540037	Distr.norm.estand.n(x;verdadero)
<b>S.N(X)</b>	<b>7.999.375</b>	$VAN(St; St > K) * P(St > K) = S * N(x)$
<b>P(St&gt;K)</b>	<b>44,02%</b>	$P(St > k) = N(x - \sigma\sqrt{t})$
<b>Ko.P</b>	<b>6.561.705</b>	$VAN(K; St>K)*P(St>K) = Ko * P(St>K)$
<b>C (call)</b>	<b>1.437.670</b>	$S.N(x) - ko.P(St>K)$

Tabla 19. Valor call como opción financiera. (Elaboración propia)

Comprobamos que si bien el valor de la opción real aplicando la fórmula modificada asciende a 1.597.412 €, cuando aplicamos la fórmula de opción financiera el valor es de 1.437.670 €. Es decir, tenemos una diferencia de 159.742 €, un 10%.

## 5.2 Tabla de sensibilidad según parámetros de opción financiera.

El objeto de este epígrafe es comprobar como varía la call con relación a la variación de los parámetros. De esta forma tomamos arbitrariamente un porcentaje de variación y comprobamos la incidencia. Lo realmente importante es conocer la relación entre ambas, lo que podemos denominar elasticidad. En nuestro caso hemos tomado por ejemplo un 20%, que podemos considerar una variación significativa. Insistimos que no es una previsión de nada, sino una herramienta para analizar la sensibilidad de la call respecto a los parámetros.

**20% Factor para la tabla de sensibilidad de parámetros.**

S	14.812.640	<b>17.775.168</b>	14.812.640	14.812.640	14.812.640	14.812.640
K	15.141.178	15.141.178	<b>18.169.413</b>	15.141.178	15.141.178	15.141.178
R	1,6%	1,6%	1,6%	<b>1,9%</b>	1,6%	1,6%
V	25,1%	25,1%	25,1%	25,1%	<b>30,1%</b>	25,1%
t	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	<b>1,2</b>
r	1,0158	1,0158	1,0158	1,0190	1,0158	1,0158
r <sup>-t</sup>	0,984446	0,984446	0,984446	0,981393	0,984446	0,981364
Ko	14.905.668	14.905.668	17.886.802	14.859.443	14.905.668	14.859.008
S/Ko	99,38%	119,25%	82,81%	99,69%	99,38%	99,69%
Ln	-0,006261	0,176061	-0,188582	-0,003155	-0,006261	-0,003125
factor $\sigma\sqrt{t}$	25,10%	25,10%	25,10%	25,10%	30,11%	27,49%
X	0,100527	0,827052	-0,625997	0,112904	0,129780	0,126082
N(X)	0,5400	0,7959	0,2657	0,5449	0,5516	0,5502
<b>S.N(X)</b>	<b>7.999.375</b>	<b>14.147.188</b>	<b>3.935.101</b>	<b>8.072.100</b>	<b>8.171.094</b>	<b>8.149.418</b>
<b>P(St&gt;K)</b>	<b>44,02%</b>	<b>71,77%</b>	<b>19,03%</b>	<b>44,51%</b>	<b>43,20%</b>	<b>44,08%</b>
<b>Ko.P</b>	<b>6.561.705</b>	<b>10.698.197</b>	<b>3.403.099</b>	<b>6.613.968</b>	<b>6.438.806</b>	<b>6.550.560</b>
<b>C (call)</b>	<b>1.437.670</b>	<b>3.448.991</b>	<b>532.002</b>	<b>1.458.132</b>	<b>1.732.288</b>	<b>1.598.858</b>
Variación (Var) Call:	140%	-63%	1%	20%	11%	
VarCall / VarParámetro:	7,00	-3,15	0,07	1,02	0,56	

Tabla 20. Tabla de sensibilidad de los parámetros en opción financiera. (Elaboración propia)

Por tanto, todos los parámetros tienen una relación positiva con el valor call, a excepción del precio strike (K). Por otra parte, calculando la elasticidad entre las variaciones call y parámetro, resulta que el que más incide es el precio actual del activo, así el call multiplica su variación por 7. El segundo con más incidencia es el precio strike, ya que cuando se incrementa un 20% su valor se obtiene una disminución en la call de un 63%, es decir, la variación de C es el triple que la de K con signo contrario.

### 5.3 Parámetros para obtener el mismo resultado utilizando la fórmula de opción real.

También podemos obtener el mismo valor call 1.437.670 €, utilizando la fórmula modificada para opciones reales siempre que se determine un factor de descuento y una rentabilidad esperada concreta.

S 14.812.640 precio actual del activo subyacente  
 K 15.141.178 precio de ejercicio o strike  
**R<sub>K</sub>** **1,58% tasa con riesgo (anual)**  
 V 25,10% volatilidad del precio del activo subyacente  
 t 1 tiempo para v° (años)  
**μ** **-1,58% Rentabilidad esperada por inversor  $\mu = \ln(r_k) - \sigma^2/2$**

$r_K$	1,015800	$(1+R_K)$
$r_k^{-t}$	0,984446	$(1+R)^{-t}$
S/K	97,83%	
Ln	-0,021937	$\ln(S/K)$
factor $\sigma\sqrt{t}$	25,10%	$\sigma\sqrt{t}$
factor2 $t\mu$	-1,58%	$t\mu$
Y	0,100527	$(Ln + \text{factor2} + \text{factor}^2) / \text{factor}$
N(Y)	0,540037	Distr. norm. estand. n(x; verdadero)
factor3 e	1,015800	$e^{((\mu + \sigma^2/2) * t)}$
<b>So.P</b>	<b>7.999.375</b>	$VAN(St; St > K) * P(St > K) = S * \text{factor3} * r_k^{-t} * N(Y)$
<b>P(St&gt;K)</b>	<b>44,02%</b>	$P(St > k) = N(Y - \sigma\sqrt{t})$
<b>Ko</b>	14.905.668	$VAN(K; St > K) = K * r_k^{-t}$
<b>Ko.P</b>	<b>6.561.705</b>	$VAN(K; St > K) * P(St > K) = Ko * P(St > K)$
<b>C (call)</b>	<b>1.437.670</b>	$S.N(x) - ko.P(St > K)$

Tabla 21. Valor call como opción real. (Elaboración propia)

Así comprobamos que cuando tomamos el factor de descuento libre de riesgo (1'0158) y un  $\mu$  con una rentabilidad esperada por el inversor de -1'58%, el resultado es el mismo, bien utilizemos la fórmula original o la modificada. Aunque en el segundo caso, el valor call cambia cuando se modifica ambos parámetros, como vemos en la tabla de sensibilidad siguiente.

	-10%	-5%	<b>-1,58%</b>	0%	5%	10%	$\mu$
<b>1,58%</b>	870.448	1.182.231	<b>1.437.670</b>	1.568.110	2.034.086	2.584.129	
4%	850.193	1.154.721	1.404.217	1.531.622	1.986.755	2.523.999	
6%	834.152	1.132.934	1.377.722	1.502.723	1.949.269	2.476.376	
8%	818.704	1.111.954	1.352.209	1.474.895	1.913.171	2.430.517	
10%	803.819	1.091.737	1.327.623	1.448.079	1.878.386	2.386.326	

**R<sub>K</sub>**

Tabla 22. Tabla de sensibilidad parámetros  $\mu$  y R<sub>k</sub>. (Elaboración propia)

## 5.4 Tabla de sensibilidad según parámetros de opción real.

Tal como hicimos con la opción financiera, se procede a variar los parámetros en un 20% y analizamos su incidencia en el valor call.

### 20% Factor para la tabla de sensibilidad de parámetros.

S	14.812.640	17.775.168	14.812.640	14.812.640	14.812.640	14.812.640	14.812.640
K	15.141.178	15.141.178	18.169.413	15.141.178	15.141.178	15.141.178	15.141.178
<b>R<sub>K</sub></b>	<b>4,14%</b>	<b>4,14%</b>	<b>4,14%</b>	<b>4,97%</b>	<b>4,14%</b>	<b>4,14%</b>	<b>4,14%</b>
V	25,10%	25,10%	25,10%	25,10%	30,11%	25,10%	25,10%
t	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,0
<b>μ</b>	<b>0,81%</b>	<b>0,81%</b>	<b>0,81%</b>	<b>0,81%</b>	<b>0,81%</b>	<b>0,81%</b>	<b>0,97%</b>
r <sub>K</sub>	1,041395	1,041395	1,041395	1,049674	1,041395	1,041395	1,041395
r <sub>K</sub> <sup>-t</sup>	0,960250	0,960250	0,960250	0,952677	0,960250	0,952492	0,960250
S/K	97,83%	117,40%	81,53%	97,83%	97,83%	97,83%	97,83%
Ln	-0,021937	0,160384	-0,204259	-0,021937	-0,021937	-0,021937	-0,021937
factor σ√t	25,10%	25,10%	25,10%	25,10%	30,11%	27,49%	25,10%
factor2 tμ	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,97%	0,97%
Y	0,195643	0,922168	-0,530882	0,195643	0,255051	0,230276	0,202065
N(Y)	0,577555	0,821779	0,297750	0,577555	0,600658	0,591061	0,580067
factor3 e	1,040338	1,040338	1,040338	1,040338	1,054852	1,048599	1,042016
<b>So.P</b>	<b>8.546.435</b>	<b>14.592.444</b>	<b>4.405.994</b>	<b>8.479.028</b>	<b>9.012.305</b>	<b>8.744.519</b>	<b>8.597.448</b>
<b>P(St&gt;K)</b>	<b>47,79%</b>	<b>74,90%</b>	<b>21,72%</b>	<b>47,79%</b>	<b>48,16%</b>	<b>48,22%</b>	<b>48,05%</b>
<b>Ko</b>	14.539.322	14.539.322	17.447.187	14.424.648	14.539.322	14.421.853	14.539.322
<b>Ko.P</b>	<b>6.949.023</b>	<b>10.889.356</b>	<b>3.788.773</b>	<b>6.894.215</b>	<b>7.002.421</b>	<b>6.954.256</b>	<b>6.986.222</b>
<b>C (call)</b>	<b>1.597.412</b>	<b>3.703.088</b>	<b>617.220</b>	<b>1.584.813</b>	<b>2.009.884</b>	<b>1.790.263</b>	<b>1.611.226</b>
Variación (Var) Call:	132%	-61%	-1%	26%	12%	1%	
VarCall / VarParámetro:	6,59	-3,07	-0,04	1,29	0,60	0,04	

Tabla 23. Tabla de sensibilidad de los parámetros en opción real. (Elaboración propia)

Con este análisis comprobamos que las relaciones de los parámetros con la call son similares a la opción financiera, salvo a lo referente al factor de descuento que en este caso es una relación inversa y no directa.

Por otra parte, en la siguiente tabla de sensibilidad vemos que los valores call más positivos se corresponden con V y μ superiores y al contrario.

	-10%	-5%	0%	<b>0,81%</b>	5%	7,000%	10%	$\mu$
1%	0	0	726	5.497	414.649	716.629	1.181.242	
10%	81.828	211.380	461.054	515.239	865.814	1.073.602	1.431.678	
20%	536.994	798.617	1.143.004	1.206.868	1.578.564	1.779.447	2.109.711	
<b>25,1%</b>	849.054	1.153.175	1.529.570	<b>1.597.412</b>	1.984.093	2.188.716	2.520.618	
30%	1.185.239	1.524.193	1.928.573	2.000.190	2.403.003	2.613.215	2.950.996	
40%	1.971.101	2.373.409	2.832.872	2.912.504	3.352.960	3.578.674	3.936.750	
50%	2.897.001	3.360.862	3.877.912	3.966.419	4.451.158	4.696.837	5.083.462	

V

Tabla 24. Tabla de sensibilidad parámetros  $\mu$  y V. (Elaboración propia)

En la tabla hemos señalado para favorecer visualmente las relaciones en color verde los proyectos con una call superior a 2.000.000 € y en rojo los inferiores a ese importe. Así, podemos decir que conforme se reduce la volatilidad se necesita incrementar la rentabilidad esperada por el inversor para mantener el valor call. En definitiva, la volatilidad es lo que da la posibilidad de más rendimientos positivos, y por otra parte mayor rentabilidad esperada implica poder asumir más riesgo en el proyecto. Por tanto, los proyectos más interesantes son inversiones con más posibilidades de ganancias (volatilidad) y que más confianza da al inversor (rentabilidad esperada).

## 5.5 Relación de la fórmula Black-Scholes con el método binomial.

Si aplicamos el método binomial al proyecto con una tasa de descuento libre de riesgo, se llega al mismo resultado de valor call del proyecto si el factor u es de 1'25, próximo al factor u (1'28) que tenemos según las estadísticas del precio de la tierra utilizado en la valoración del proyecto como una opción real.

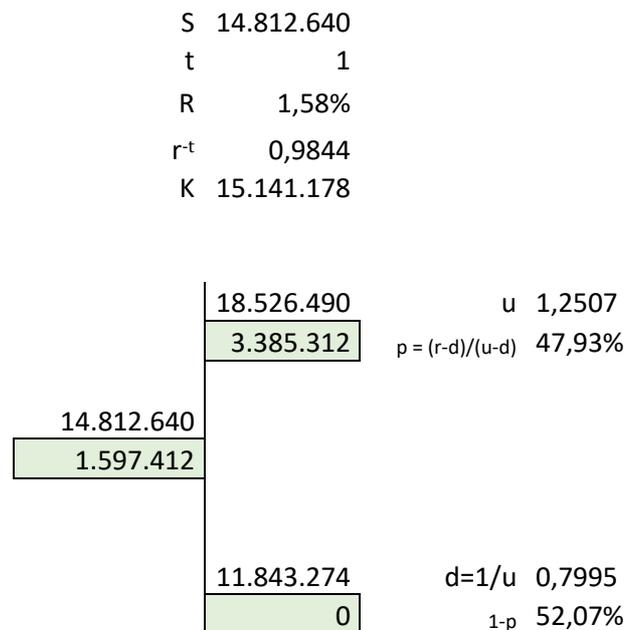


Ilustración 13. Método binomial. (Elaboración propia)



# 6 CONCLUSIONES

---

Tras finalizar este proyecto fin de carrera, podemos corroborar dos cuestiones de alguna manera contrapuestas:

- i. Es totalmente necesaria la valoración de alternativas y opciones reales para un correcto análisis de los proyectos, cuando existen escenarios de flexibilidad para el importe de la inversión o para la variable temporal. Incluso la gestión de opciones puede llegar a tener un alto valor estratégico. Por tanto, es importante tanto la valoración como la gestión de las opciones en los resultados de un proyecto, debiéndose tener en cuenta también en la negociación.
- ii. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos y aportaciones de la comunidad científica no se dispone de un método único y general conclusivo, como sí ocurre en el análisis tradicional. Esto seguramente es consecuencia de no haber encontrado todavía un método que haya resuelto la cuestión de forma totalmente satisfactoria.

Además, distintos autores afirman la existencia de errores en la metodología que han utilizado en ocasiones otros colegas, lo cual ha generado cierto desconcierto en el desarrollo de este trabajo. Por ejemplo, el profesor Pablo Fernández, del IESE, enumera los errores del profesor Aswath Damodaran, del Stern School of Business de la Universidad de New York, cuando desarrolla la valoración de una opción que consiste en iniciar la actividad en un nuevo mercado con una primera tienda piloto, con la posibilidad de ampliar la presencia con una segunda tienda de gran dimensión en el caso que hubiese tenido éxito. Podemos resaltar dos errores fundamentales:

- a. Utiliza una fórmula Black-Scholes financiera pero no hay cartera réplica, por lo que no utiliza una tasa de descuento con riesgo ni la rentabilidad esperada por los inversores. Esto por otra parte es muy usual en la mayoría de los casos que hemos analizado: se utiliza la fórmula de las opciones financieras sin modificarse para la valoración de opciones reales.
- b. Establece una volatilidad arbitraria muy elevada, de tal forma que cuanto más desinformado se está, más interesa invertir, y eso no tiene sentido. Por eso en nuestro caso hemos contrastado y hemos dado consistencia al dato de volatilidad, evitando cualquier tipo de arbitrariedad. Una cosa es acometer el proyecto porque tenemos una opción sobre un subyacente con incertidumbre y otra cosa que la desinformación aumente el valor de una opción.

Por otra parte, hemos comprobado en nuestro caso, que en un proyecto sin opciones de ampliación existe la posibilidad de una pérdida superior a los 5 millones de euros, si finalmente el rendimiento económico de la tierra es muy inferior al promedio y por tanto el precio de esta. Esto ocurre cuando se toman decisiones sin una experiencia piloto que nos de información previa.

Sin embargo, cuando planteamos un proyecto con opción de ampliar y se valora la misma, resulta un importe positivo del proyecto total, que en el peor de los casos asciende a más de un millón de euros. El valor de la opción se ha cuantificado en casi 1'6 millones de euros, lo que hace imprescindible disponer de un método para valorarlo y tener un correcto análisis. De esta manera, el modelo Black-Scholes nos proporciona una herramienta valiosa y precisa para la valoración de opciones, siempre y cuando se adapte el proyecto a los requisitos necesarios para aplicarlo.

Esperamos que el entorno de la fresa onubense se vaya dotando de herramientas de decisión adicionales que ofrezcan datos cuantitativos sobre decisiones, que de otro modo se tomarían basadas únicamente en la experiencia.

Como continuidad a este trabajo se podría incluir la comparativa entre la inversión completa y la inversión con opciones para un periodo temporal superior a solo un año. Además, hay otras opciones susceptibles de valorarse en esta actividad como pueden ser un cambio de uso o cultivo, la demora o el retraso en la decisión de compra, la posible disminución de la superficie explotada mediante el retorno a la parte vendedora, o incluso realizar una compra con más etapas. En estos supuestos, en ocasiones no será posible la aplicación de la fórmula Black-Scholes y se tendrá que utilizar el método binomial o la simulación Montecarlo.



# 7 REFERENCIAS

---

Amram, M. y Kulatilaka, N. *Opciones Reales-Evaluación de Inversiones en un mundo incierto*. Gestión-2000, 2000.

Black, F. y Scholes, M. *The pricing of Options and Corporate Liabilities*. The Journal of Political Economy, 1973.

CALLE FERNÁNDEZ, ANA., and VÍCTOR TAMAYO BUSTAMANTE. *Decisiones de inversión a través de opciones reales*. Estudios gerenciales 25.111, 2009.

Collura, Meredith, and Lynda M. Applegate. *Amazon. com: exploiting the value of digital business infrastructure*. Harvard Business School Press, 2000.

Concha, Ignacio Andrés Garrido, and Alejandro Andalaft Chacur. *Evaluación económica de proyectos de inversión basada en la teoría de opciones reales*. Revista Ingeniería Industrial 2, 2003.

Consejería de Agricultura y Pesca. *La fresa de Huelva*. Junta de Andalucía, 2008.

Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. *Encuesta anual de precios de la tierra en Andalucía*. Junta de Andalucía, 2016-2021.

Cox, Ross y Rubinstein. *Option pricing: A simplified approach*. Journal of Financial Economics, 1979.

Damodaran, Aswath. *The Promise of Real Options*. Journal of Applied Corporate Finance, 2000.

Fernandez, Pablo. *Utilización de la fórmula de Black y Scholes para valorar opciones*. Nota técnica de la Investigación del IESE, 1997.

Fernández, Pablo. *Valoración de opciones reales: dificultades, problemas y errores*. Documento de Investigación DI-760, IESE Business School, 2008.

Grenadier, S. y A. Weiss. *Investment in technological innovations: An option pricing approach*. Journal of Financial Economics, 1997.

Mascareñas J., Lamothe P., Lopez F. y Luna W. *Opciones Reales y Valoración de Activos*. Prentice Hall, 2004.

Mascareñas, Juan. *Opciones reales en la valoración de proyectos de inversión*. Monografías sobre Finanzas Corporativas, 2007.

Mascareñas, Juan. *Opciones reales: introducción*. Universidad Complutense de Madrid, 2010.

Mascareñas, Juan. *Opciones reales de ampliar y reducir un proyecto de inversión*. Universidad Complutense de Madrid, 2018.

Mascareñas, Juan. *Opciones Reales: Gestión y problemas de su utilización*. Monografías Universidad

Complutense de Madrid, 2019.

Myers, S. *Determinants of corporate Borrowing*. Journal of Financial Economics, 1977.

Observatorio de precios y mercados. *Síntesis de campaña de frutos rojos*. Junta de Andalucía, 2015-2022.

Trigeorgis, Lenos. *Real options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation*. MIT press, 1996.