

NOTA INTRODUCTORIA SOBRE UNA INTERPRETACIÓN ECONÓMICA DE LA INCERTIDUMBRE FINANCIERA¹

*María Teresa Casparri
Martín E. Masci
Javier García Fronti*

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objetivo introducir problemáticas relacionadas con la valuación de proyectos de inversión en innovación. Dichos proyectos se relacionan con procesos de investigación y desarrollo (I&D) los cuales deben ser analizados tanto desde una perspectiva económica, como desde la viabilidad financiera. La descripción de dichos procesos tiene que contemplar una correcta determinación de la irreversibilidad de la inversión en contexto de incertidumbre financiera. La posibilidad de flexibilizar la decisión de inversión es deseable en ese sentido. Desde la perspectiva económica es interesante evaluar los impactos de la sustentabilidad, entendida como una estrategia importante que debe contemplar toda empresa -o unidad productiva- para sobrevivir en el mercado.

Por lo antedicho, los criterios tradicionales de valuación (VAN, TIR) no captan la compleja naturaleza de dichas inversiones debido a que se basan en la posibilidad de calcular flujos de caja descontados. Incorporar la teoría de opciones reales es una estrategia interesante para abordar dicha problemática. El desafío consiste en abordar los temas financieros propuestos desde una perspectiva económica.

El trabajo se divide en cuatro secciones. La primera analiza las principales características de los proyectos de inversión, llegando a las limitaciones de los criterios tradicionales de valuación, dadas las características de ciertos proyectos que contemplan innovación tecnológica.

La segunda sección expone la interpretación económica de la innovación asociada a la sustentabilidad. El aporte de Paulo Da Souza (2010) es una forma interesante de abordar el problema explicando en forma separada los impactos medioambientales, sociales y económicos, pero articulándolos necesariamente.

La tercera sección incorpora en forma teórica y mediante un ejemplo los alcances de la teoría de la incertidumbre financiera desde una mirada económica. Para ello se relaciona con los rasgos que poseen los proyectos de inversión:

¹ El presente trabajo se enmarca en el proyecto UBACyT 20020100100478, titulado "*Aspectos financieros que impactan en dinámicas industriales innovadoras en Argentina: Agro, Medicamento y Turismo*", dirigido por la Dra. María Teresa Casparri, desarrollado en el Centro de Investigación en Métodos Cuantitativos Aplicados a la Economía y la Gestión (CMA). Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

irreversibilidad, contextos inciertos y la posibilidad de esperar para colocar una inversión (Dixit & Pindyck, 1994).

Por último, se introduce una sección que expone brevemente la teoría de opciones reales como una forma de mejorar el criterio del Valor Actual Neto (VAN).

1. PROYECTOS DE INVERSIÓN

A lo largo de la evolución de la economía y las finanzas, en el modo de producción capitalista, se persiguen objetivos relacionados con el beneficio individual. Por fuera de las actividades productivas se genera una motivación en los individuos a destinar todo o una parte de su reserva monetaria (o riqueza) para financiar proyectos de inversión. Más allá del interés en la actividad que se va a desarrollar con dichos fondos, seguramente el mayor incentivo deviene de la posibilidad de incrementar su *stock* de riqueza mediante el rendimiento de las inversiones. Se busca crear portafolios eficientes compuestos por distintas inversiones reales o financieras. Esto sucede no sólo a niveles individuales, sino también en niveles corporativos (Brealey y Myers, 2005).

Una firma o empresa que se encuentra inserta en el mercado de bienes y servicios tiene como objetivo la sustentabilidad económica y financiera (Gereffi et al., 2005; Da Souza, 2010). Cotejar un ambiente de negocios propicio no puede desconocer el hecho de que la firma se comporta racionalmente y optimiza - maximizando los ingresos, minimizando los costos-. Más allá de esta visión, las unidades productivas toman decisiones para afectar su sendero de crecimiento - adaptándose a los cambios tecnológicos que se presentan en el mercado-. Se llevan a cabo mecanismos de competencia por satisfacer a nuevas y renovadas fuentes de demanda.

En este escenario se conjugan las expectativas de crecimiento y las distintas formas de adaptación de las firmas a la evolución de las condiciones de mercado. Se deben determinar financieramente los costos ciertos y contingentes asociados a dicha evolución. En este sentido cobra importancia la *investigación y el desarrollo* de técnicas, procesos, productos, diseños, estrategias y un sinfín de innovaciones científicas.

Los proyectos de inversión son generalmente un conjunto de actividades que se desarrollan dentro de un ámbito económico particular y responden a un objetivo. Se espera que el desarrollo de las actividades genere más valor que el necesario para llevarlas a cabo y con esto realizar una ganancia o rendimiento para los inversores. La motivación por parte del inversor es inherente a las condiciones en que se desenvuelve el proyecto. Dichas condiciones tienen dos apreciaciones distintas. La primera es hacia adentro del proyecto, es decir, la programación de actividades en los tiempos establecidos y con el costo estimado. Por ejemplo, al tratarse de un proyecto de inversión para la construcción de un edificio de viviendas, las diversas actividades no se pueden llevar a cabo en un orden

indistinto ya que en la mayoría de los casos se requiere que un proceso esté terminado para empezar con otro. No es coherente colocar el revestimiento de los pisos si no está terminada la instalación de tuberías y cableado completo, por ejemplo. Dichas actividades tienen costos económicos y al diagramarlas correctamente se puede evitar incurrir en pérdidas económicas innecesarias. La rentabilidad de un proyecto de inversión está dada justamente por el diferencial entre costos y precio de las viviendas terminadas. El costo se puede reducir de acuerdo a la cantidad de materiales necesarios y opera el principio de economías de escala. Dado el valor del terreno, mano de obra y otros costos relativamente fijos, es más conveniente realizar un edificio alto (con más cantidad de unidades para la venta). El precio de los departamentos se determina, en muchos casos, por la ley de oferta y demanda del mercado inmobiliario. Normalmente dicho precio es superior al costo de construcción.

La segunda forma de atracción de inversores tiene que ver con el contexto en el que se desarrolla el proyecto. El inversor tendrá en cuenta el costo de oportunidad de invertir en ciertos proyectos reales, comparándolo con el mercado financiero (compra de acciones o títulos).

Cualquiera sea la motivación, el proyecto tiene que poseer ciertas características que permitan al inversor decidir racionalmente si le conviene colocar capital. Cuanto más complejo y confuso sea, más difícil es ponerlo a consideración. Los ejemplos más sencillos se estructuran especificando la inversión inicial requerida, el tiempo de inmovilización de dicho capital y la forma y cuantía del rendimiento. La decisión es al inicio del proyecto y no puede ser modificada. Se estructura de lógica de invertir hoy o nunca.

Ahora bien, ¿cómo forma dicha decisión? ¿Qué elementos tiene en cuenta para llevar a cabo la decisión de inversión que más le conviene? Entre los métodos más usuales se encuentran: la regla del Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), tasa de retorno contable (*book rate of return*) y el período de recuperación de la inversión (*payback period*). Cada uno de los métodos posee características particulares y presenta ventajas y desventajas para su implementación como criterios de decisión (Brealey y Myers, 2005).

2. INNOVACIÓN Y SUSTENTABILIDAD

Reviste importancia la determinación de criterios para la toma de decisiones de inversión. El proceso de búsqueda de alternativas interesantes puede ser asimilable a un proceso de investigación. Los procesos de investigación son actividades creativas que permiten identificar focos problemáticos y emprender un plan de acción para solucionarlos. La posibilidad de solucionar problemas le otorga al proceso de investigación un carácter interesante para la firma, pues fácilmente puede traducir esa solución a un beneficio monetario. Por ejemplo, una nueva forma de publicidad implicará un costo financiero, que luego será retribuido por un aumento en la demanda, para el caso en que sea exitoso el programa. Pero la

valuación de dicho programa tendrá que contemplar los diversos escenarios, tratando de solucionar problemas actuales y hacia el *futuro*. Como se verá más adelante esto posee las características de un proyecto de inversión y por lo tanto se debe encontrar una estrategia para evaluarlo. Según la OECD (2002) existen tres actividades en un proceso de investigación: ciencia básica, ciencia aplicada y desarrollo experimental. La primera hace referencia a un trabajo experimental para la búsqueda de nuevos conocimientos. La ciencia aplicada es, a su vez, un tipo de investigación novedosa pero enfocada a un objetivo particular. Finalmente, el desarrollo experimental implica un trabajo sistemático basado en conocimiento preexistente. En ciertas áreas que involucran innovación tecnológica, el desarrollo experimental es importante para someter a pruebas el producto novedoso.

En el contexto descrito se suscitan diversas cuestiones interesantes para ser analizadas. En primer lugar, es destacable el hecho de que la eficiencia de las industrias está determinada por las decisiones al interior de las firmas en relación con el contexto macroeconómico. Dichas decisiones pueden provenir de una política desde el directorio o bien de un *staff* de apoyo encargado de realizar investigaciones. La segunda cuestión es que el desarrollo de un programa de investigación implica costos. La viabilidad de un proyecto se somete a reglas financieras. Por otro lado, el contexto de incertidumbre sobre el futuro hace que las decisiones financieras se vean afectadas por la dificultad de estimar el flujo de ingresos a futuro o el valor del activo que se genere al final del proyecto.

Adicionalmente, existe otra determinación importante que hace al rol que ocupa el inversor en proyectos de I&D. No resulta prudente considerar indistintamente un inversor privado externo a la firma innovadora, de otro al interior de la firma que toma decisiones desde el directorio. Considerar a un inversor externo a la firma implica pensar la inversión como el portafolio eficiente de un agente que dispone de fondos y desea diversificar riesgos, optimizando la rentabilidad de sus inversiones. A dicho agente probablemente le interese poco el uso de sus fondos o los resultados de la innovación, por fuera del rendimiento económico. En otras palabras, con su cartera financiera intentará producir el mayor ingreso, minimizando el costo y tratando al riesgo como un factor importante en dicha determinación. Los incentivos privados son claramente diferentes de aquellos que tratan a la inversión como la posibilidad de lograr un crecimiento sustentable de la empresa a la que pertenecen. Atraer a un inversor externo tiene que cotejar el costo de oportunidad del capital y ser lo suficientemente atractivo como para que el individuo se someta al escenario incierto².

Desde una visión económica, resulta interesante la estrategia del agente inversor, pero es necesario introducir otras cuestiones como la sustentabilidad. La misma es una necesidad básica de cualquier firma para subsistir en el mercado.

² Se conforma un problema de agencia entre los accionistas y el directorio de una firma. Los accionistas sólo buscan mejorar sus dividendos, mientras que el directorio piensa en el desarrollo de la capacidad productiva. Los objetivos no siempre están alineados, por diferencias en la percepción del riesgo o determinaciones temporales (políticas a corto, mediano y largo plazo).

Paulo Da Souza (2010) identifica tres áreas donde el comportamiento de las unidades productivas tiene que ser acorde: impacto medioambiental, social y económico.

En el primero, se puede identificar claramente un incentivo a llevar a cabo una determinada producción con el menor daño posible al medio ambiente (*environmentally friendly*). La mayoría de los países desarrollados tienen en cuenta que los procesos productivos generan algún tipo de contaminación que daña la salud del medio y de la población. Este impacto es no deseado, aunque muchas veces no se incorpore como un costo en las funciones de producción. Una empresa que genere mucha contaminación atenta contra su propia subsistencia y por lo tanto no es sustentable. La innovación en procesos puede generar una disminución en la externalidad negativa y al mismo tiempo no afectar el atractivo de las inversiones. Si se considera a la contaminación como un costo, la mitigación los reducirá y hará aumentar el beneficio de las firmas.

En lo que respecta al impacto social, es importante tener en cuenta el rol de una empresa en la sociedad. "La pobreza e inequidad en muchos países, a pesar de su desarrollo económico, son desafíos críticos para el desarrollo sustentable y la estabilidad de la región"³. Pensar en términos del alcance de las actividades de una firma implica considerar los efectos sobre la demanda. La difusión de información mediante canales que impulsan el desarrollo de climas de negocio. Las innovaciones en lazos sociales de información y comunicación permiten alcanzar beneficios derivados de las externalidades positivas de una sociedad más demandante.

El plano económico, es quizá el más sencillo de justificar. Existen muchas razones por las cuales innovar es económicamente productivo o conveniente. La búsqueda de nuevos procesos, productos o mercados hace que se avance hacia mejoras en los alcances de la producción o el *market-share* de una firma. En el extremo, dicha búsqueda puede culminar en el descubrimiento de un producto nuevo, es decir, en el nacimiento de un nuevo mercado. Es importante considerar que un mercado con firmas innovadoras le imprime una dinámica que posibilita una mejora en los estándares de calidad. Si bien es cierto que el descubrimiento de nuevas tecnologías deja obsoleta a las anteriores, en términos económicos –y científicos- implica una evolución deseable. En la literatura tradicional de políticas industriales es usual el desarrollo de modelos que explican comportamientos estratégicos de las firmas en contextos de innovación vertical (Aghion & Griffith, 2005). En esa competencia por la innovación se crea una "escalera de calidad" donde los productos a lo largo del tiempo evolucionan mediante más y mejor tecnología. Se experimenta un efecto de creación destructora, según la visión

³ "Poverty and inequity in many countries, despite strong economic development, are critical challenges for sustainable development and region stability". Traducción propia del texto original. De Souza, P. (2010). *Innovation in industrial Research*. CSIRO. Australia. Pp 113-15.

schumpeteriana. Un ejemplo sencillo es la evolución de los aparatos televisores, desde su versión con tubos de rayos catódicos hasta las actuales pantallas de cristal líquido, retroiluminadas por LED.

Los incentivos por captar nuevos nichos de mercado -y con esto mejor posicionamiento de las firmas y más volumen de demanda-, posibilita la inversión en proyectos de investigación. Los impactos en las esferas mencionadas sólo proporcionan motivos por los cuales la innovación es importante. Pero para que las firmas deseen colocar capitales en dichos proyectos, los mismos deben ser financieramente convenientes. A continuación se analizarán algunos aspectos que serán interesantes para el inversor a la hora de aceptar o rechazar un plan.

3. TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE

El contexto incierto en el que se desenvuelven los proyectos de inversión requiere especial atención. Si la vida se desarrollase en condiciones deterministas, toda causa tendría indefectiblemente el mismo efecto en las condiciones establecidas. La incertidumbre financiera se manifiesta, por ejemplo, en la volatilidad del retorno futuro de una inversión. El pronóstico sobre el futuro puede ser visto desde la perspectiva *keynesiana*, donde no hay certezas ni posibilidad de conjeturar escenarios teóricos, pero en la literatura financiera se intenta modelizar del algún modo el comportamiento de las variables. El uso de opciones reales como complementarias al criterio del VAN para valorar inversiones es una forma de cobertura de riesgos asociados a la incertidumbre del mercado.

Al desconocer cómo se comportará el futuro se pueden realizar conjeturas. Dichas aproximaciones teóricas no son otra cosa que modelos de comportamiento. El pasado y presente temporal tienen cierta incidencia en el futuro, pero el mundo no aparenta tener características determinísticas. Por lo tanto, tendrán que usarse criterios probabilísticos para inferir y pronosticar el movimiento de las variables que se estén considerando. Normalmente esta cuestión se trabaja desde la aplicación de procesos *estocásticos* (Dixit & Pindyck, 1994; Hull, 2006; Longstaff & Schwartz, 2001; Lin, 2006). Un proceso estocástico requiere de la implementación de variables aleatorias sujetas a una determinada función de distribución de probabilidad⁴.

La volatilidad es una característica relevante cuando se consideran ciertas variables que son observables en el presente, pero no se puede predecir el comportamiento a futuro. El precio de ciertos activos financieros, como las acciones, pueden comportarse en condiciones de relativa estabilidad (parsimonia)

⁴ No es el objetivo del presente trabajo ahondar en las determinaciones de dichos procesos. Se deben desarrollar los conceptos relacionados con procesos de Wiener, para entender cómo se comporta un proceso *browniano*. Luego se pueden generalizar los procesos llegando a la consideración del Lema de Ito. Una lectura recomendada es Dixit & Pindyck (1994), *Investment under uncertainty*, págs. 60-92.

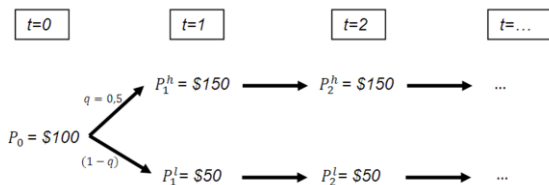
o en constantes fluctuaciones. Para el inversor será más valiosa una acción que sea menos volátil, porque el rendimiento es predecible⁵.

Dependiendo de la variable que se considere, la naturaleza de la incertidumbre es distinta y por lo tanto su tratamiento difiere. El desconocimiento puede darse sobre el valor inicial de un proyecto determinado. Distinto es el caso de la incertidumbre asociada a la tasa de interés que rige el rendimiento de la inversión. En esta última se puede ver la dificultad por establecer el costo de oportunidad de la inversión.

Se puede introducir el concepto de *opciones* para flexibilizar una decisión de inversión, es decir, cambiar el rumbo de la misma. Esta posibilidad requiere un tratamiento específico, sin embargo, flexibilizar la decisión es importante cuando no se conoce completamente el contexto en el que se desenvuelve el proyecto.

Se va a considerar el criterio del VAN para simular un escenario, tal como lo hacen Dixit & Pindyck (1994). El ejemplo a seguir será el de un proyecto que tiene un valor inicial (representa el valor de la inversión I) y que al momento de empezar el precio de la producción es un monto cierto (P_0). Para este análisis es importante tener en cuenta que más allá de considerar problemas de decisión en tiempo continuo, los ejemplos se trabajan en algunos puntos discretos del tiempo. Para el caso, consideramos que el precio del *output* al momento inicial es un dato y que en los momentos siguientes ($1, 2, \dots, n$) existe la posibilidad de que suba o baje. Dicha posibilidad se expresa en una probabilidad q asociada a un escenario de alza y la complementaria $(1 - q)$ que suceda lo contrario. El diagrama siguiente resume la situación con un ejemplo numérico:

Diagrama 1: Ejemplo de proyecto de inversión



Fuente: Elaboración propia basada en Dixit & Pindyck (1994:27).

Nótese que la esperanza matemática en cada período del precio sigue siendo \$100, dado que la probabilidad es 0,5 de que suceda uno u otro escenario⁶. Si se

⁵ Aquí se puede discutir la aseveración. El hecho de valorar la parsimonia en el precio de una acción responde a las ventajas para estimar el flujo de caja futuro y poder descontarlo a una tasa cierta. Pero un agente neutral o amante al riesgo puede preferir la volatilidad, dado que compra y vende aprovechando las fluctuaciones y obtiene mayor rendimiento por el *spread*.

⁶ La esperanza del precio se define como una combinación convexa de los precios alto y bajo, ponderados por la probabilidad de ocurrencia respectiva:

considera una tasa de interés $r = 10\%$ correspondiente al mercado libre de riesgo, el cálculo del valor actual neto es:

$$VAN = -I + \sum_{t=0}^{\infty} \frac{E(P_t)}{(1+r)^t} = -500 + \sum_{t=0}^{\infty} \frac{100}{(1,1)^t} = -500 + 1100 = 600$$

Según el criterio desarrollado en el primer capítulo, el VAN positivo se interpreta como una posibilidad favorable para invertir. Ahora bien, ¿está bien expuesto este ejemplo? El hecho de que exista una probabilidad asociada a la ocurrencia de dos determinaciones económicas distintas se debe tener en cuenta para calcular el VAN de un proyecto.

De esta manera, es necesario calcular el VAN en $[t = 1]$ para considerar la *opción de esperar*. Esta opción contempla el costo de oportunidad del capital en el mismo proyecto. No es necesario pensar en un mercado de capitales *free-risk* con el cual comparar el VAN y decidir si invertir allí o en nuestro ejemplo. El costo de oportunidad en situaciones de incertidumbre acerca del precio futuro es muy importante cuando se debe tomar una decisión.

Para el caso, al tomar la opción de esperar sólo se invierte en el proyecto si al momento uno el precio subió $[P_1^h]$. Asociado a la probabilidad q , el VAN^h indica el valor actual neto del escenario de alto precios:

$$VAN^h = q * \left[\frac{-I}{1+r} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{P_t^h}{(1+r)^t} \right] = 0,5 * \left[\frac{-500}{1,1} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{150}{(1,1)^t} \right] = \frac{0,50 * (1150)}{1,1} \cong 523$$

Con la incorporación de la opción de esperar y la irreversibilidad se muestra más eficientemente el costo de oportunidad de invertir. En muchos problemas más complejos la determinación de esta opción y el costo inicial no alcanzan para contemplar todas las estrategias y con ello formar una decisión óptima.

Para terminar con el ejemplo, se puede pensar en el costo de flexibilizar la opción. Es decir, tratar de establecer una relación entre el VAN del precio esperado y el que se calculó en función de esperar un período. Si se procede a restar ambas expresiones se obtiene el monto que estará dispuesto a pagar por una oportunidad de inversión en la que se puede tomar la opción de esperar. Para el ejemplo, la diferencia arroja una suma negativa⁷ lo que implica que la decisión de esperar no es deseable. La consideración del VAN positivo inicial es suficiente para formar la decisión. La explicación es sencilla: dados los precios especificados y la magnitud de la inversión inicial, la rentabilidad del proyecto es muy alta. Si se considera un monto de inversión mucho más alto, supongamos el doble, el VAN arroja un valor

$$E(P_t) = q * P_t^h + (1 - q) * P_t^l$$

⁷ Se calcula el VAN con la opción menos el de invertir al momento inicial:

$$VAN^h - VAN = 523 - 600 = -77$$

de \$100 y el VAN con la opción de aproximadamente \$296. La inversión más grande comprende un costo hundido (irreversible) que hace valiosa la opción de flexibilizar la inversión.

4. OPCIONES REALES

Se puede decir que el método de las opciones reales amplía el modelo de valoración de opciones financieras para incorporar, tanto los efectos del riesgo de mercado como los efectos del riesgo privado, en las oportunidades de inversión estratégicas. Este método es la extensión de la teoría de las opciones financieras a las opciones sobre activos reales (Trigeorgis, 1993; Copeland & Antikarov, 2001). ¿Cómo se incorporan al análisis basado en técnicas tradicionales?

Se puede considerar un proyecto de inversión como una opción de compra, donde se ejerce el derecho –pero no la obligación- de invertir en un determinado negocio. Se adopta un criterio de decisión más sofisticado para el inversor utilizando opciones *call* para llevar a cabo la financiación del proyecto. Para construir la opción es necesario establecer la analogía entre las características del proyecto y las variables que determinan el valor de una opción *call* simple en un intercambio de acciones. Aunque la opción que se utilice para modelizar una situación de negocios no sea sustituto perfecto de la oportunidad real, sirve de base para el analista. Se utilizan opciones de tipo europeas, dado que sólo se ejercen al vencimiento y si se consideran las opciones americanas, el nivel de análisis tiene que ser superior dadas las distintas posibilidades de ejercer la opción durante la vida del proyecto.

La opción de esperar es también conocida como opción de diferir. Se presentó en el apartado anterior mediante un ejemplo interesante. Considerar esta opción implica reducir la incertidumbre, tras observar lo que sucede en momentos posteriores al inicio del proyecto. Se afecta al VAN tradicional incorporando un costo de esperar y haciendo posible la entrada en el esquema de negocios en otro instante del tiempo distinto del momento inicial. Ya no es necesario invertir “hoy o nunca”. El valor de la opción se puede calcular con la fórmula de Black & Scholes. En proyectos de I&D puede ser importante para reducir el riesgo asociado a la innovación tecnológica al mismo tiempo que se reduce el impacto sobre la irreversibilidad. El criterio se define desde la simplicidad del VAN de la opción como argumento restando sobre el VAN asociado al criterio tradicional. En el ejemplo desarrollado se traduce en la siguiente expresión⁸:

$$VAN^h - VAN = q * \left[\frac{-I}{1+r} + \sum_{t=1}^{\infty} \frac{P_t^h}{(1+r)^t} \right] - \left[-I + \sum_{t=0}^{\infty} \frac{E(P_t)}{(1+r)^t} \right]$$

⁸ En la expresión se muestra el costo de la opción. Es importante considerar que el inversor estará interesado en buscar el valor del VAN total. El mismo surge de despejar:

$$VAN_{total} = VAN + \text{valor de la opción}$$

donde las variables representaban la opción de esperar un período para invertir en un proyecto caracterizado por la probabilidad de que aumente o caiga el precio del producto. De esta manera, la brecha expresada en esa función identifica el costo de flexibilizar la decisión de inversión. Las variables que intervienen son similares a las necesarias para construir una opción de compra, con lo cual se puede emitir para aquellos inversores que consideren deseable la opción de esperar y reducir la volatilidad, diversificando el riesgo. Este hecho es muy importante en proyectos de I&D, dado que es una estrategia válida para obtener señales de cómo se comporta el mercado o cómo evoluciona el proyecto de innovación.

La opción de abandono es una opción de venta o *put*. Es el derecho de deshacerse de un proyecto y recobrar un determinado valor, cuando las expectativas de mercado no se cumplen. En esencia una opción de venta es la barrera en contra de una situación adversa. La venta de un proyecto compensa de las pérdidas y permite invertir en nuevos proyectos o en opciones reales más valiosas (Branch, 2003). Otorga una herramienta muy valiosa para el inversor, a la vez que impacta sobre la irreversibilidad. El problema de la inmovilización de capitales -y posibles pérdidas por este motivo- se mejora con la implementación de esta opción. El criterio del VAN tradicional es restrictivo cuando la inversión inicial es muy grande respecto del rendimiento esperado. En proyectos de I&D ésta es una característica sobresaliente. El valor total de un proyecto debe considerar su valor de abandono, el cual generalmente no se conoce en el momento de su evaluación inicial, sino que depende de su evolución en el futuro. Existen dos cuestiones importantes a considerar en el análisis del valor de abandono: tomar en cuenta la opción en la valuación y determinar cuándo ejercer la opción, dependiendo del momento en el que la opción adquiere su valor máximo. Cuando el valor presente del proyecto disminuye por debajo del valor de liquidación, el acto de abandonar o de vender el proyecto es equivalente al ejercicio de la opción de venta, toda vez que el valor de liquidación del proyecto fija un límite inferior al valor de éste y el ejercicio de la opción es conveniente. Por consiguiente, un proyecto que toma en cuenta esta opción vale más que el mismo proyecto sin la posibilidad de abandono. En general, un proyecto debería ser abandonado en los casos en que el valor de abandono exceda el valor del flujo de caja descontado. Es importante aseverar que se debe tener en cuenta que puede existir un momento óptimo para ejercer la opción. Por lo tanto, se debe entender en forma separada a la opción de esperar. Un ejemplo que ilustra bien el caso de las inversiones en I&D es la consideración del mercado farmacéutico. El mismo posee las características propias del desarrollo de conocimiento mediante usos de laboratorio (experimental). En lo que respecta a la organización industrial, el incentivo privado está asociado a la posibilidad de crear una droga nueva o mejorada y con ello obtener una patente de exclusividad para la explotación comercial. Debido a la incertidumbre que existe en el mercado y que las pruebas que tienen que realizarse pueden ser exitosas o fracasar, se puede decidir crear una opción de abandono estratégica. La misma debe permitir revisar el progreso

de la investigación, y decidir si conviene continuarla o darla por terminada. Si el proceso de investigación concluye con éxito la empresa podría vender la patente, o bien explotarla comercialmente. El período de tiempo contemplado para desarrollar el medicamento es de una determinada cantidad de años, dentro de los cuales la opción de abandono puede ser ejercida, según el criterio del inversor u organismo que se encargue de las decisiones dentro de la firma.

5. CONCLUSIONES E INVESTIGACIONES FUTURAS

Las principales conclusiones que se desprenden del desarrollo del trabajo tienen que ver con el tratamiento económico de la valuación de proyectos de inversión. En particular, trabajar con procesos de investigación y desarrollo de técnicas, productos y procesos implica asociarse a un mercado altamente incierto y complejo de estudiar.

Quizás el aporte más interesante para la teoría económica es la consideración de la sustentabilidad, sobre todo en los tiempos actuales, donde las cuestiones vinculadas con la contaminación y el cambio climático atentan contra la supervivencia de todas las sociedades. Las principales conclusiones que se pueden extraer devienen de la importancia de la innovación sustentable para las empresas hacia adentro y las motivaciones de agentes externos para invertir capital en contextos de incertidumbre. Se puso especial énfasis en los diversos impactos medioambientales, sociales y económicos. Estos conceptos no se encuentran en la literatura microeconómica tradicional. De esta manera se mostró que considerar ciertas opciones puede mejorar el criterio del VAN, captando de alguna manera la incertidumbre y la imposibilidad de retirar los fondos colocados.

Por último, el trabajo de investigación debería continuar hacia el aspecto intertemporal de la valuación, focalizando el problema en un mercado o producto específico. Se puede pensar en introducir técnicas de optimización intertemporal estocástica. Asimismo creo necesario que se desarrolle esta metodología para el estudio de la composición de una cartera eficiente. De esta manera se construye el conocimiento desde lo general a lo particular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aghion P. and Griffith R. (2005), *Competition and Growth*, USA: The MIT Press.
- Branch M.A. (2003), *Real Options in practice*. USA: Wiley Finance Series.
- Brealey R.A., Myers S.C. and Allen F. (2005), *Principles of Corporate Finance*, 8ª edición, McGraw-Hill/Irwin.
- Copeland E.T. and Antikarov V. (2001), *Real Options: A practitioner's guide*. USA: Texere Publishing.
- Dixit A.K. (1989), 'Entry and exit decisions under uncertainty', *The Journal of Political Economy*, vol. 97, no. 3, pp. 620-38.

- Dixit A.K. and Pindyck R.S. (1994), *Investment under uncertainty*, vol. 15, Princeton University Press Princeton, NJ.
- Gereffi G., Humphrey J. and Sturgeon T. (2005), 'The Governance of GVC'. *Review of International Political Economy*, 12:1 78-104.
- Hull J. (2006), *Options, Futures. and Other Derivative Securities (6e)*, New York: Prentice-Hall. Englewood Clis.
- Ingersoll J.E. and Ross S.A. (1992), 'Waiting to invest: Investment and uncertainty', *The Journal of Business*, vol. 65, no. 1, pp. 1-29.
- Kodukula P. and Papudesu C. (2006), *Project Valuation using Real Options A practitioner's Guide*, J. Ross Publishing.
- Kumaraswamy A. (1996), 'A real options perspective of firms' R&D investments', *Unpublished doctoral dissertation, New York University*.
- Lin X.S. (2006), *Introductory stochastic analysis for finance and insurance*, vol. 557, Wiley-Interscience.
- Longstaff F. and Schwartz E. (2001), 'Valuing American options by simulation: A simple least-squares approach', *Review of Financial Studies*, vol. 14, no. 1, p. 113.
- Mun J. (2003), *Real options analysis course: business cases and software applications*, Wiley.
- OECD (2002), *Frascati manual 2002: the measurement of scientific and technological activities: proposed standard practice for surveys on research and experimental development*, Paris, Organisation for Economic Cooperation and Development.
- Sturgeon T., Van Biesebroeck J. and Gereffi G. (2008). 'Value chains, networks and clusters: reframing the global automotive industry'. *Journal of Economic Geography* 8 pp. 297-321.
- Trigeorgis L. (1993), 'Real options and interactions with financial flexibility', *Financial Management*, vol. 22, no. 3, pp. 202-24.