

# I Seminario Internacional de Economía Agropecuaria

## Gestión y evaluación económico-financiera de proyectos nanotecnológicos

María Teresa Casparri  
Javier García Fronti  
Pablo Herrera

**CMA**  
IADCOM - UBA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
EN METODOS CUANTITATIVOS  
APLICADOS A LA ECONOMÍA  
Y LA GESTIÓN

# Nanotecnología en Argentina

## Breve historia

- 1954... primeras referencias a la nanotecnología
- 1999... National Nanotechnology Initiative
- 2003... Las autoridades de ciencia y técnica de Argentina comenzaron a percibir las oportunidades en NyN... Se comienza a financiar la investigación y el desarrollo de nanociencia y nanotecnología
- 2006... Con el objetivo de construir un mercado nanotecnológico (por lo menos la oferta), se comienza a financiar al sector empresario argentino
- 2010... con el objetivo de establecer el uso de la nanotecnología en la sociedad y consolidar una industria nanotecnológica se comienza a otorgar financiamiento a asociación público (generalmente grupos de I+D) - privadas (generalmente empresas - PyMes)
- 2015 en adelante... se continúa financiando la nanotecnología en pos de una consolidación del sector



# Políticas Públicas

- 2005

Creación de la Fundación argentina de Nanotecnología (FAN)  
Centro Argentino-Brasileño de Nanotecnología

- 2006

Plan estratégico nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Bicentenario  
La nanotecnología seleccionada como un área temática prioritaria

- 2007

Creación del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva

- 2011

Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación  
La nanotecnología considerada como una Tecnología de Propósito General



# Financiamientos

Existen principalmente tres organizaciones que se han encargado del financiamiento directo a la nanotecnología en Argentina:

- Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica  
FONCyT (I+D), FONTAR (Empresas), FONARSEC (Asociaciones público-privadas)
- Fundación Argentina de Nanotecnología  
Presemilla (proyectos que incluyen algún desarrollo nanotecnológico)
- Dirección Nacional de Relaciones Internacionales - Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva  
NanoPyme (financiamiento para la capacitación de empresarios)

Entre el 2006 y el 2011 la inversión total en nanotecnología realizada por Argentina podría estimarse en alrededor de U\$D 50.000.000 (Salvarezza, 2011)



# Actores

- Grupos de I+D

Más de más de 200 entidades argentinas implicadas en las investigaciones del sector nano y una base científica amplia recursos humanos altamente capacitados, constituida por alrededor de 1000 investigadores (MINCyT, 2016).

- Empresas

45 empresas operativas hoy en Argentina, con actividad relacionada con la Nanotecnología(MINCyT, 2016)

- Organizaciones de articulación, normalización y regulación

Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) - Comité Nacional de Ética en la Ciencia y la Tecnología (CÉCTE) - Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) - Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) - Superintendencia de Riesgos del Trabajo (SRT) - Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA)



# Ejemplo: nano en el agro



Empresa argentina constituida en su totalidad por capitales Nacionales

Dedicada a construir los más altos niveles de innovación, desarrollo, producción y comercialización de insumos para el agro.

Introdujo Nanotecnología en 2012/2013:

- Mayor Eficacia (+ perdurabilidad)
- Menor Contaminación (- volatilidad y sin solventes derivados de petróleo)
- Mayor Costo/Beneficio (- dosis de principio activo)

# Ejemplo: Red Surcos S.A.

26/02/2016 - 17:23 | Clarin.com | Rural | Agricultura

La firma argentina que más facturó fue Agrofina, del grupo Los Grobo, que aparece en el octavo lugar del ranking. La que le sigue es la segunda local (pero la que la más creció entre la argentinas): Red Surcos. Ambas ya tienen ventas anuales superiores a los 100 millones de dólares.

A la hora de explicar el porqué de ese crecimiento, Sebastián Calvo, director de Red Surcos, consideró que una de las claves es que vienen ganando terreno con la introducción de la nanotecnología en sus productos. “Ahora, el mercado está con mucho movimiento, porque los productores están cuidando a fondo los cultivos”, se entusiasmó el ejecutivo.

VIERNES 02 DE JUNIO DE 2017 • 19:43

LA NACION | **negocios** | Campo [SEGUIR](#)

## CAMPO

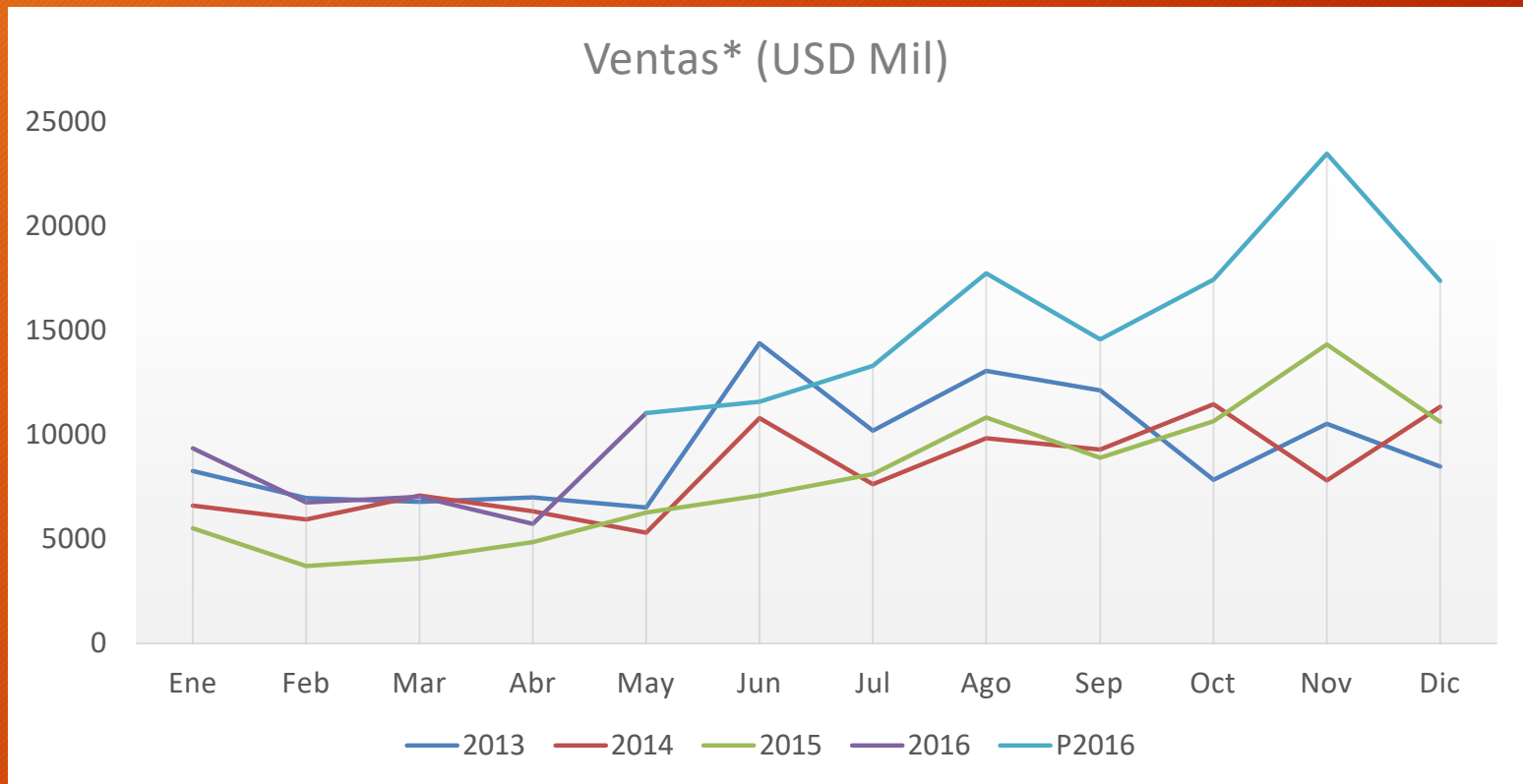
**Nanotecnología: una firma argentina logró patentar productos en Europa del Este**

**CMA**  
IADCOM - UBA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
EN METODOS CUANTITATIVOS  
APLICADOS A LA ECONOMÍA  
Y LA GESTIÓN



# Ejemplo: Red Surcos S.A.





# Factores limitantes para un desarrollo del sector nano

- Diferencia entre la cantidad de científicos (sector de I+D) y de empresas (sector productivo)
- Falta de vinculación entre ambos sectores
- Falta de cultura emprendedora en los grupos de I+D
- Dificultad de financiamiento por parte del sector privado
- Infraestructura y aspectos normativos.

Dados estos factores se hace evidente la necesidad de gestionar y evaluar proyectos nanotecnológicos económica y financieramente



Elaborar un modelo de evaluación de proyectos en el mercado nanotecnológico que contemple su dinámica científica, su dinámica industrial y su regulación.

- (a) La cooperación necesaria entre los actores del mercado;
- (b) la incertidumbre del mercado debido a la tecnología y a la política de regulación y
- (c) las regulaciones e incentivos gubernamentales.+

- N etapas de I+D
- Incertidumbre en los precios de las materias primas
- Ciclo de vida de los productos nanomédicos contemplando el vencimiento de la patente, la fuerza de los consumidores innovadores y la fuerza de los imitadores.
- Impactos de los subsidios gubernamentales en el valor del proyecto.



# La problemática de la valuación de proyectos tecnológicos

- Sabiendo que las inversiones tienen una gran importancia en la promoción del crecimiento económico, la correcta valuación de los proyectos de inversión es primordial para cualquier sociedad.
- Metodologías tradicionales de valuación
  - Estimar los flujos de caja futuros generados por el proyecto;
  - Elegir una tasa de descuento adecuada para calcular su valor presente
  - Estimar el costo inicial.
- Los más conocidos son el valor actual neto, la tasa interna de retorno y el período de repago.
- Desventajas de las metodologías tradicionales
  - No reflejan la complejidad de los fenómenos sociales y económicos implicados en muchos proyectos de inversión.
  - contextos inciertos
  - ni cuantifican las flexibilidades



# Decisiones de inversión (Dixit y Pindyck, 1994)

- Características de un proyecto de inversión
  - Irreversibles (total o parcialmente), y sus costos de capital, hundidos.
  - Incertidumbre sobre el futuro retorno de la inversión; los precios futuros de los activos son impredecibles, por lo que los flujos de beneficio futuros son inciertos.
  - Opción de esperar para obtener una mejor información sobre los precios futuros.
- Proponen la utilización de la metodología de opciones reales.



# Opciones reales

- Permiten realizar una valoración de las opciones de inversión en todo tipo de mercados, ya sea con información completa o incompleta.
- Reconoce la flexibilidad del mercado y el aprendizaje que se realiza al pasar por diferentes etapas de desarrollo.
- Trigeorgis (1993): el VAN de la inversión en activos es igual a realizar la suma del VAN de los flujos efectivo estimado y de las opciones reales que existieran.



# Proyectos Nano

- La nanotecnología propone un debate sobre las políticas públicas referido a la financiación de sus costos de investigación, sobre la determinación del nivel de precios y sobre el grado socialmente óptimo del uso de las patentes en cuestión.
- En particular, el desarrollo de un fármaco puede acarrear alrededor de diez años, siendo fundamental tener en cuenta las incertidumbres en los costos y en los futuros ingresos.
- Además, debe considerarse que, una vez aprobado el proyecto, plantea una incertidumbre sobre las ventas y los flujos efectivos que éste podría generar.



# Modelo propuesto

- Se propone valorar proyectos de I+D mediante una simulación basada en un enfoque de opciones reales discreta que contempla:
  - la incertidumbre en los costos de finalización del proyecto,
  - la incertidumbre de los flujos efectivos del proyecto,
  - la posibilidad de eventos catastróficos que pudieran amenazar la finalización del proyecto.
- Se permite abandonar el proyecto en caso de que los costos superen a los costos esperados o en el caso de que los flujos efectivos estimados resulten ser menor del esperado (Schwartz, 2004).



# Modelo propuesto

- Se asume que existe una tasa máxima a la que se puede invertir ( $I_m$ ) y
- que en la medida que ingresan fondos al proyecto, el costo remanente ( $C$ ) para completarlo se reduce. Este costo se considera una variable aleatoria.
- Por otra parte muchas veces el proyecto puede fallar y no llegar a completarse, por lo que se asume una probabilidad de *Poisson* de que en el proyecto falle, llevando el valor del mismo a cero.
- A nivel estratégico, el inversor cuenta con la opción de abandono, para utilizar cuando los costos resultan ser superiores a los esperados o cuando el flujo de efectivo resulta ser menor al esperado.
- Por último, al finalizar el proyecto, el propietario comienza a recibir los beneficios de la inversión que viene representado por una tasa de flujo efectivo neto  $B$  (modelizado como un proceso estocástico).



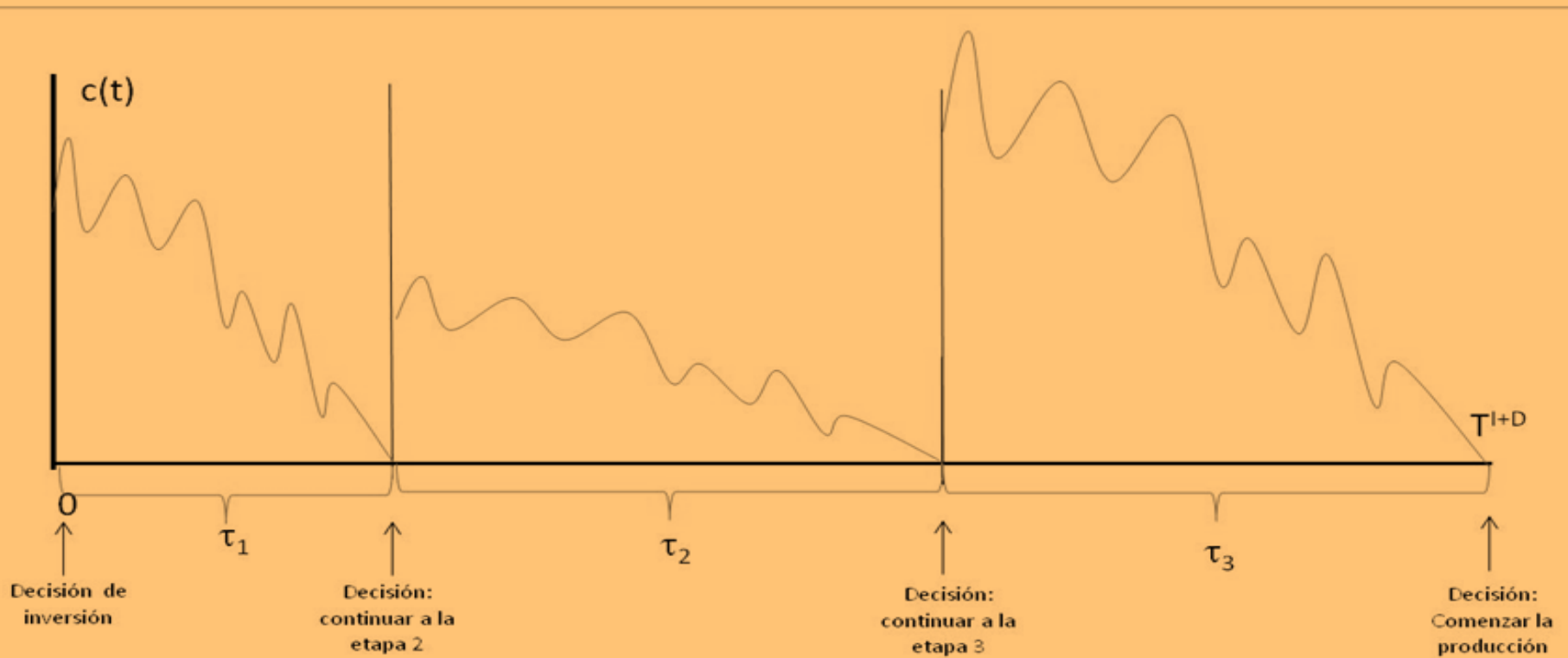
# Etapas de Investigación y desarrollo

Cualquier proyecto de I+D, y en particular uno de nanomedicina, es un proceso de inversiones secuenciales. Esto permite a la inversora abandonar en cualquier momento que se requiera un nuevo aporte. La regla de decisión es: se realiza la inversión subsiguiente si el valor presente del proyecto esperado es mayor que el aporte necesario para costear la etapa.

Formalmente dividimos la duración del proyecto que va desde el comienzo hasta tener el producto terminado, en etapas. Cada una de ellas involucra tareas a realizar que en forma agregada generan un costo total de la etapa esperado ( $C_i^e$ ). Asimismo cada etapa tiene una tasa de inversión máxima que se puede realizar. En la medida que se invierte, se reduce el costo remanente para concluir  $c_i(t)$ , que se modeliza como un proceso estocástico con valor inicial igual al costo total esperado ( $c_i(0) = C_i^e$ ).

Cuando el costo llega a cero, la etapa se considera terminada, siendo entonces la duración de la etapa una variable aleatoria ( $\tau_i$ ), que comienza en  $t^{i-1} = \sum_{j=1}^{i-1} \tau_j$  y termina en  $t^i = \sum_{j=1}^i \tau_j$ .

# Etapas de Investigación y desarrollo





# Proceso estocástico del costo remanente en la etapa "i"

El costo remanente de la etapa "i" evoluciona a partir de un valor inicial  $C_i^e = c_i(0)$  siguiendo un proceso descrito por (Pindyck, 1993):

$$dc_i(t) = -A dt + \sigma_i \sqrt{A c_i(t)} dz_i + \gamma c_i(t) dy$$

(4.14)

$$\text{donde } A = \begin{cases} 0 & t < t^{i-1} \\ I_i & t^{i-1} \leq t \leq t^i \end{cases}$$

Los momentos de decisión en los cuales se puede abandonar el proyecto son los comienzos de cada etapa. En esos momentos se compara el valor esperado del proyecto (en base al futuro) con el costo total esperado de la etapa.

### 1.1.1 Resumen de variables involucradas

$C_i^e$	Costo total de la etapa esperado
$c_i(t)$	Costo remanente de la etapa “ $i$ ”
$I_i$	Tasa de inversión etapa “ $i$ ”
$\sigma_i$	Volatilidad costo remanente etapa “ $i$ ”
$dz_i$	Proceso browniano etapa “ $i$ ”
$\tau_i$	Duración etapa “ $i$ ”
$\lambda_i$	Parámetro de poisson asociado a la posibilidad de fracaso de la etapa
$t^n$	tiempo necesario total esperado para terminar la “ $n$ ” etapas de I+D $t^n = \sum_{i=1}^n \tau_i$
$r$	Tasa libre de riesgo

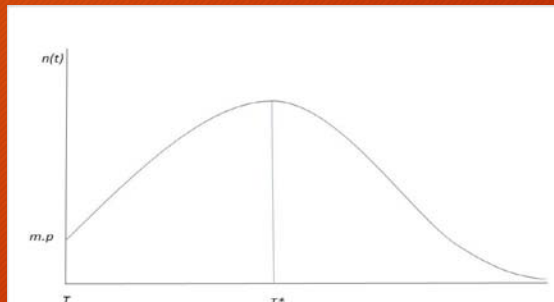


# *Decisión de abandono*

- Los momentos de decisión en los cuales se puede abandonar el proyecto son los comienzos de cada etapa.
- En esos momentos se compara el valor esperado del proyecto (en base al futuro) con el costo total esperado de la etapa

# Comercialización: Ciclo de vida del producto

- Una vez desarrollado el producto e instalada la fábrica para su producción masiva, se inicia la etapa de comercialización del mismo.
- Claramente, durante el proceso de desarrollo, la inversión está expuesta a incertidumbre sobre la demanda y sobre la oferta (mercado monopólico, duopolio o competencia perfecta).
- Todo esto en un contexto donde se tiene una fecha de vencimiento establecida de la patente, por consiguiente se sabe cuándo la empresa entrará en competencia perfecta.





# Algoritmo iterativo de solución del modelo

Primeramente se simulan  $M$  caminos independientes de las variables de estado:  $j = 1 \dots M$ . Cada uno de estos caminos tiene  $n+1$  nodos:  $i = 0 \dots n$ , uno por cada etapa del proyecto. El nodo  $i = 0$ , corresponde a la decisión inicial de invertir en el proyecto; los  $i: 0 < i < n$  corresponden a momentos de decisión previos a las correspondientes etapas y por último,  $i = n + 1$  denota la decisión de invertir en llevar a escala comercial el producto terminado.

# Decisión de abandono en $t^i$

Siguiendo a Hsu y Schwartz (2008),  $v(t)$  es el valor presente del proyecto previo a la decisión de abandono y  $V(t)$  es el valor con la opción incluida.

$$v(t^{i-1}) = E \left[ V(t^i) e^{-(r+\lambda_i)\tau_i} - \int_0^{\tau_i} I_i e^{-(r+\lambda_i)t} dt \mid c_i(t^{i-1}) \right] \quad (4.20)$$

Es una esperanza condicional en función del costo total esperado al principio de la etapa.



# Inducción retrospectiva

Al momento de salir a vender el valor del proyecto viene dado por:

$$V(t^{n+1}) = VPB(T)$$

Para un nodo arbitrario “i” de un camino “j” se calcula un punto de la esperanza condicional previamente mencionada:

$$\tilde{v}(t_j^{i-1}) = E \left[ V(t_j^i) e^{-(r+\lambda_i)(t_j^i - t_j^{i-1})} - \int_0^{(t_j^i - t_j^{i-1})} I_i e^{-(r+\lambda_i)t} dt \right] \quad (4.21)$$

Para construir una función que estime  $v(t^{i-1})$ , se realiza una regresión del conjunto de valores  $\tilde{v}(t_j^{i-1})$  sobre un conjunto de funciones elementales de la variable de estado  $c_j^i(t_j^{i-1})$

# *Valor del proyecto en $t=0$*

Una vez definidas las reglas de decisión (continuar o abandonar) para cada nodo, es posible evaluar el valor del proyecto de  $I + D$ .

Cada camino es un flujo de ingresos y egresos futuros que deberá ser descontado hasta llegar al momento cero. Se recorre desde la decisión de abandono (o desde el nodo final), descontando hasta llegar al inicio el valor del proyecto y se le resta las inversiones realizadas para llegar al nodo en cuestión. De forma que se cuenta con  $n$  instancias del valor inicial del proyecto, conformando una distribución discreta del mismo.



# Conclusiones

- El modelo propuesto se divide en etapas y da cuenta de las incertidumbres en los costos y en los futuros ingresos.
- Se ha presentado un enfoque discreto de simulación para determinar el valor de un proyecto en I+D, utilizando la metodología de opciones reales.
- Se asume un contexto incierto donde variables claves de la valuación son estocásticas y se contempla la decisión estratégica de abandono cuando los costos sean mayores a los esperados o cuando el flujo de efectivo estimado sea menor al esperado.

# Gestión y evaluación económico-financiera de proyectos nanotecnológicos

María Teresa Casparri  
Javier García Fronti  
Pablo Herrera

Gracias!