

**EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD EN LA INVESTIGACION CIENTIFICA: EL CASO
DE LAS CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIAS EN EL CONICET**

Daniel Lema* , Susana Mirassou y Martín Guppy****

**Documento de Trabajo N° 21
IES-INTA
Octubre, 2002**

* Instituto de Economía y Sociología – INTA

** CONICET

EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD EN LA INVESTIGACION CIENTIFICA: EL CASO DE LAS CIENCIAS AGRARIAS Y VETERINARIAS EN EL CONICET

Lema, Daniel (INTA)
Mirassou, Susana (CONICET)
Guppy, Martín (CONICET)

Resumen

El gasto en Actividades Científicas y Tecnológicas en Argentina, alcanzó los 1.471 millones de pesos en el año 2000 (0,52% del PBI). Este Presupuesto representa \$ 30.500 de inversión anual per cápita para un total de 35.000 investigadores. En particular, las actividades de investigación en Agricultura Silvicultura y Pesca representan un 17% del presupuesto. (RICYT,2001).

El objetivo del estudio es presentar una evaluación de la productividad en esta área, analizando la eficiencia de los investigadores que se desempeñan en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Los datos utilizados en este trabajo han sido obtenidos de las bases de datos del citado organismo. La disciplina Ciencias Agrarias tiene 102 investigadores, que representan 3% del total de 3685 individuos . La disciplina Veterinaria posee 34 investigadores, representando 0.9% del total. La información abarca el período 1996-2000.

Para evaluar Eficiencia se ha utilizado el enfoque metodológico propuesto inicialmente por Farrell en 1957. El mismo consiste en la estimación de una función de producción que permita calcular el máximo producto (y^*) que pueda obtenerse en cada unidad de producción para una dada combinación de insumos. El nivel de eficiencia técnica (ET) puede ser definido como la relación observada entre el producto actual (y) y el máximo esperado (y^*).

En el estudio se estima la eficiencia técnica de los investigadores utilizando los modelos de frontera estocástica de producción propuestos por Battese y Coelli (1996).

La producción científica se mide a través de la cantidad y calidad de publicaciones, patentes, dirección de tesis, etc. Se consideran como variables explicativas el financiamiento por subsidios, los salarios etc. A efectos de estimar los determinantes de la eficiencia, se incluyen variables tales como: el tipo de institución de investigación (universidad, instituto de investigación); localización geográfica y características individuales de los investigadores (edad, sexo).

Palabras clave: Ciencias Agropecuarias; Sistema de investigación; Frontera Estocástica; Función de Producción.

I) INTRODUCCION

El Gasto en Actividades Científicas y Tecnológicas en Argentina, alcanzó los 1.471 millones de pesos en el año 2000, cuya evolución se muestra en el Cuadro N° 1, correspondiendo a un 0.52 % del Producto Bruto Interno. Este gasto representa 39,72 \$ / habitante. La actividad de Agricultura, Silvicultura y Pesca participa aproximadamente en un 17 % del presupuesto. ¹

Cuadro N° 1:

Gastos en Actividades Científicas y Tecnológicas (ACyT) años 1994 a 2000

AÑO	Gasto en ACyT (miles)	Relación con el PBI (%)
1994	1.124,93	0,44
1995	1.252,74	0,48
1996	1.353,05	0,50
1997	1.466,28	0,50
1998	1.495,62	0,50
1999	1.481,84	0,52
2000	1.470,73	0,52

*Fuente: Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva-
Ministerio de Educación, 2001.*

El Sistema Nacional de Investigación (SNI) se conforma de dos componentes: uno, centralizado, constituido por agencias oficiales y privadas que participan en la definición de las políticas públicas y en la asignación de recursos para investigación, y el otro, conformado por un grupo de agentes (ej.: organizaciones de negocios privadas, individuos) que llevan a cabo tareas de investigación fuera de las estructuras centralizadas. El núcleo del sistema es el conjunto de las instituciones públicas. La mayoría de estas instituciones fueron creadas en la década del 50', en el marco del modelo de sustitución de importaciones. La base del modelo era el desarrollo de

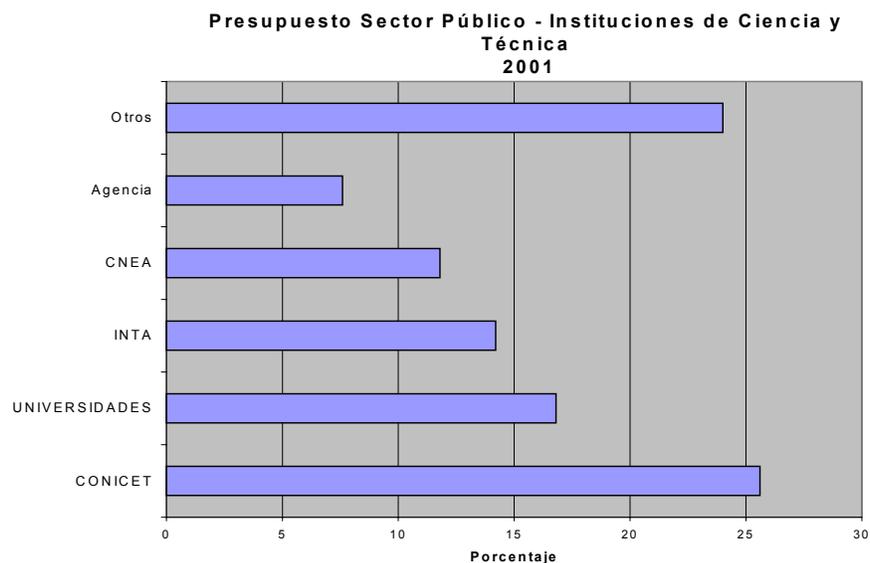
¹ El estado de la Ciencia: Principales indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos RICYT-CYTED-OEA 2001

conocimiento y de capacidad tecnológica y productiva, con una fuerte participación del Estado (Ekboir et al, 1999). En ese período, surgieron las principales instituciones de ciencia y técnica que impulsaron la investigación agropecuaria: el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

El CONICET fue creado en 1958, para estructurar una organización académica que promoviera el desarrollo de la ciencia, y la ejecución de actividades científicas y tecnológicas en todo el país, y en las diferentes áreas del conocimiento. Es importante destacar, que, por primera vez en Argentina, fue establecida la categoría de investigador con dedicación exclusiva (los investigadores eran hasta ese momento, generalmente profesores en las universidades públicas).

El INTA fue fundado en el mismo año que CONICET. La misión fundacional era el desarrollo y adaptación de tecnología a través de la investigación y transferencia tecnológica al sector rural; tal objetivo fue ampliado de modo de incluir el apoyo a las industrias agroalimentarias y el manejo sustentable de los recursos naturales. Una referencia a los presupuestos de las citadas instituciones y otras relacionadas con el SNI se presentan en la siguiente figura.

Figura N° 1: Fuente: Ministerio de Economía, 2001



II. INDICADORES DE DESEMPEÑO EN LAS CIENCIAS AGROPECUARIAS

El objetivo de este trabajo es evaluar la productividad de este sector, analizando la eficiencia de aquellos investigadores que participan del sistema de investigación agropecuaria del CONICET .

El propósito es obtener algunas conclusiones sobre la utilización de los fondos públicos, en la búsqueda de algunas recomendaciones de política para mejorar los niveles de eficiencia.

El sistema de promoción implementado por CONICET incluye: la carrera de investigador científico-tecnológico, la del personal de apoyo, la oferta de becas, el financiamiento de proyectos y de unidades ejecutoras de investigación.

También se promueve el establecimiento de lazos con organizaciones gubernamentales internacionales, y no gubernamentales con similares características.

El CONICET es uno de los activos más importantes del capital nacional, en el área de ciencia y técnica. La institución sostiene la articulación inter-institucional como medio para formular planes concretos y establecer prioridades. Los investigadores desarrollan sus actividades mayormente en universidades nacionales, en diferentes regiones del país, en unidades ejecutoras propias o compartidas con las universidades, y en organizaciones/laboratorios de CyT.

El CONICET, junto con otras agencias y programas gubernamentales, comparte el costo de los proyectos y, en algunos casos, los salarios.

El cuadro siguiente ilustra el presupuesto de CONICET en el año 2000.

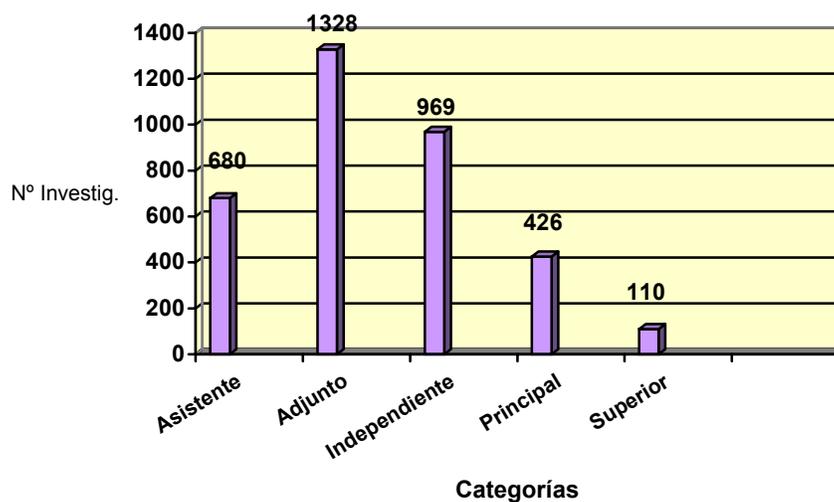
Cuadro N° 2 Presupuesto de CONICET – 2000 Promoción Científica (*)

Rubro	Pesos (millones)
Carrera del Investigador Científico Tecnológico	64, 616
Programa de Becas	23,373
Financiamiento de Proyectos	6,700
Personal de Apoyo	55,043
Cooperación Internacional	0,960
Otras (Unidades Ejecutoras)	6,100
Total	156,792

Fuente: CONICET-2000 () excluyendo salarios del personal administrativo y costos administrativos*

En los últimos cinco años, el CONICET ha mantenido un promedio de 3,500 investigadores, distribuidos en 5 categorías, en donde la promoción en la carrera es obtenida a través de un riguroso proceso de evaluación. El Personal de Apoyo (Profesionales y Técnicos), conforman aproximadamente un total de 2,600 personas. En la Figura N° 2 y en el Cuadro N° 3 se presentan la distribución por categorías y por tipo de lugar de trabajo.

Figura N° 2: Distribución de Investigadores por Categoría (2001)



Fuente: CONICET- 2001

Cuadro N° 3

Distribución de Investigadores por tipo de lugar de trabajo

LUGAR DE TRABAJO	(%)
Unidades Ejecutoras *(Centros de CONICET)	40
Universidades Nacionales	48
Instituciones Públicas de Ciencia y Tecnología (INTI, INTA, CONEA, Gobiernos Provinciales)	8
Organizaciones Privadas	4
Total	100

* Unidades Ejecutoras CONICET: 12% administradas conjuntamente con: Universidades 23%, con Organismos Públicos 3% con otros organismos de investigación y tecnología y con gobiernos provinciales 2% - Fuente: CONICET- 2001.

El Cuadro N° 4, muestra la distribución por disciplina de los Investigadores de CONICET

Cuadro N° 4

DISCIPLINA	Número de Investigadores	(%)
Medicina	477	14
Biología	481	14
Veterinaria	34	1
Bioquímica	217	6
Derecho, Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales	61	2
Filología, Lingüística y Literatura	69	2
Filosofía, Psicología y Ciencias de la Educación.	142	4
Historia, Antropología y Geografía	287	8
Sociología y Demografía	88	3
Economía, Ciencias de la Gestión y de la Administración Pública.	47	1
Ciencias de la Tierra, del Agua y la Atmósfera	352	10
Matemática	101	2
Física y Astronomía	409	11
Química	218	7
Ciencias Agrarias.	102	3
Ingeniería	368	10
Arquitectura	55	2
Otras	5	
Total	3,513	100

Fuente: *CONICET- 2001*

El CONICET tiene un sistema de evaluación participativo y de alta exigencia académica en el que se contempla y pondera la calidad de los proyectos de investigación, la productividad derivada de ellos, los antecedentes individuales y de los grupos de investigación.

El sistema de evaluación está basado sobre el asesoramiento de comisiones asesoras y consulta a pares expertos.

La eficiencia de los investigadores de CONICET, como generadores de conocimiento, se refleja a través de su participación en el 68% de los 17,000 artículos científicos escritos por argentinos que viven en el país (CAICYT-CONICET, 2000). Estos artículos han sido citados en numerosas bases de datos internacionales en los últimos 5 años. La eficiencia media de los miembros del CONICET, medida en número de artículos indexados por año/investigador, es 0.52. Este nivel de desempeño es especialmente relevante teniendo en cuenta que la organización recibe sólo el 25.6% del Presupuesto Nacional para Ciencia y Tecnología.

La disciplina específica de Ciencias Agrarias posee 102 investigadores, representando el 3% de un total de 3,513 personas. Veterinaria está integrada por 34 investigadores, aproximadamente 1 % del total. Actualmente, hay un número relevante de investigadores, no incluidos en este estudio, que pertenecen a otras disciplinas pero con competencia en materias relacionadas con la agronomía y veterinaria.

El número de becas en estas disciplinas alcanza las 155 (doctoral y post doctoral), representando el 8 % de la cantidad total ². En el período 1997-2001, 92 proyectos (7,4 %) han sido otorgados por el CONICET a estas disciplinas.

III. METODOLOGIA Y ANALISIS EMPIRICO

III.1. Modelos de Frontera Estocástica

Farrel (1957) propuso originalmente la medición de la eficiencia de una unidad productiva mediante la estimación de una función de producción que permitiese calcular el máximo producto que puede ser obtenido para cada combinación de insumos. El nivel de eficiencia técnica (ET) de cada unidad productiva, se puede calcular como la relación entre el producto obtenido (y) y dicho máximo, es decir, $0 \leq ET = y/y^* \leq 1$. Por lo tanto, para poder estimar la ET se precisa conocer

la función de producción de frontera, que en las aplicaciones empíricas se deriva de los datos disponibles. La eficiencia estimada se calcula a partir de las mejores prácticas observadas.

Aigner y Chu (1968) propusieron la estimación de la siguiente función de producción de tipo Cobb-Douglas utilizando datos de corte transversal:

$$(1) \quad \ln(y_i) = x_i \beta - u_i, \quad i=1,2,\dots,N$$

donde

$\ln(y_i)$ es el logaritmo del producto para la i ésima unidad

x_i es un vector $(K+1)$ de logaritmos de las cantidades de los K insumos utilizados por la i ésima unidad (el primer elemento del vector es la unidad)

β es un vector $(K+1)$ de parámetros desconocidos a estimar, y u_i es una variable aleatoria no negativa, asociada con la eficiencia técnica.

El “ratio” del producto observado de la i ésima unidad de producción, relativo al producto potencial, es utilizado para definir la eficiencia técnica de esta unidad. Esta medida toma valores entre cero - uno y representa la magnitud del producto de la unidad i ésima relativo al producto que podría ser producido por una unidad totalmente eficiente, utilizando el mismo vector de insumos.

El “ratio” de ET puede ser estimado por el cociente entre el producto observado, y_i , y el valor estimado de la frontera, $\exp(x_i\beta)$, obtenido por la estimación del vector de β utilizando, por ejemplo, un método de programación lineal.

En esta metodología determinística no se tiene en cuenta la influencia de errores de medida y de otros posibles efectos aleatorios en la producción. Todas las desviaciones se suponen entonces resultado de la ineficiencia técnica.

² Estos datos no incluyen el Concurso 2001.

Un enfoque alternativo es el método de fronteras estocásticas. Esta metodología fue propuesta por Aigner, Lovell and Schmidt (1977) y Meeusen and van den Broeck (1977). El planteo original consiste en una función de producción para datos de corte transversal con un término de error compuesto por dos partes, una para tomar en cuenta los efectos aleatorios y otra para controlar la ineficiencia técnica.

En este trabajo seguimos el modelo general propuesto por Battese and Coelli (1992), que puede describirse de la siguiente forma:

$$(2) \quad y_i = \exp(x_i\beta + V_i - U_i) \quad i=1,\dots,N,$$

donde y_i es el producto de la i ésima unidad;

x_i es un vector $k \times 1$ de cantidades de insumos y otras variables explicativas para la unidad i ésima;

β es un vector de parámetros desconocidos objetos de estimación;

V_i es un error aleatorio que se supone i.i.d. $N(0, \sigma^2_v)$,

U_i es una variable aleatoria no observable y no negativa, que se asocia con la ineficiencia técnica (para una tecnología y niveles de insumos dados es una medida de la distancia entre el producto observado y el potencial)

El modelo de Battese and Coelli es una frontera estocástica y supone que los efectos de ineficiencia a nivel de cada unidad se distribuyen como variables normales truncadas, y también permite que los efectos varíen sistemáticamente en el tiempo para el caso de datos de panel. El término U_{it} se define como:

$$(3) \quad U_{it} = (U_i \exp(-\eta(t-T))), \quad i = 1, \dots, N \\ t = 1, \dots, T$$

donde los U_{it} son variables aleatorias no negativas que surgen de una distribución normal truncada en cero con media desconocida (μ), y varianza desconocida (σ_U^2). El parámetro η es desconocido y también debe ser estimado. El caso de distribución semi normal para los efectos de eficiencia técnica es el usualmente utilizado.

Battese y Corra (1977), sugieren la parametrización de la función de máxima verosimilitud en términos de :

$$\sigma^2 = \sigma_V^2 + \sigma_U^2 \text{ and } \gamma = \sigma_U^2 / (\sigma_V^2 + \sigma_U^2). \quad (4)$$

La función logarítmica de máxima verosimilitud en estos términos es igual a (Battese and Coelli 1992):

(5)

$$Ln(L) = \frac{-N}{2} \ln\left(\frac{\pi}{2}\right) - \frac{-N}{2} \log(\sigma_s^2) + \sum_{i=1}^N \ln[1 - \Phi(z_i)] - \frac{1}{2\sigma_s^2} \sum_{i=1}^N (\ln y_i - x_i \beta)^2$$

donde

(6)

$$z_i = \frac{(\ln y_i - x_i \beta)}{\sigma_s} \left(\frac{\gamma}{1 - \gamma} \right)^{1/2}$$

y $\Phi(\cdot)$ es la función de distribución de una variable normal estandarizada.

Si se imponen las restricciones $\eta=0$, $\mu=0$ y $T=1$, el modelo de Battese and Coelli converge con el modelo original para datos de corte transversal y supuesto de semi normalidad formulado por Aigner, Lovell and Schmidt (1977). Bajo estos supuestos, resulta de interés contrastar la hipótesis nula de que los efectos de eficiencia técnica no están presentes en el modelo. Esta hipótesis se presenta como $H_0: \gamma=0$. Si la hipótesis nula ($\gamma=0$) se acepta, esto indicaría que σ_U^2 es cero y

entonces que el término U_{it} debería ser eliminado, resultando en una especificación que podría ser estimada consistentemente por mínimos cuadrados ordinarios.

Para realizar las estimaciones se utilizó el software FRONTIER 4.1, suponiendo $\eta=0$ (invariancia temporal), $\mu=0$ (semi normalidad) y $T=1$ (datos de sección cruzada) para obtener los estimadores maximoverosímiles de los parámetros de la frontera estocástica de producción. El programa calcula también las predicciones a nivel individual de los efectos de ineficiencia técnica, a partir de la frontera estocástica estimada, reemplazando los parámetros desconocidos por sus estimadores de máxima verosimilitud siguiendo la ecuación (Coelli et.al.1998):

(7)

$$E[\exp(u_i)] = \frac{1 - \Phi(\sigma_A + \gamma e_i / \sigma_A)}{1 - \Phi(\gamma e_i / \sigma_A)} \exp(\gamma e_i + \sigma_A^2 / 2)$$

donde $\sigma_A = \sqrt{\gamma(1-\gamma)\sigma_s^2}$; $e_i = \ln(y_i) - x_i\beta$ y $\Phi(\cdot)$ es la función de densidad de una variable aleatoria normal estandarizada.

III.2. Aplicación Empírica- Datos y Variables Utilizadas

En esta sección se analiza la estimación de una “función de producción de investigación” utilizando el método de fronteras estocásticas con datos de corte transversal.

Se consideraron datos de los investigadores del área de Ciencias Agrarias y de Ciencias Veterinarias del CONICET para el período 1996-2000. Preferentemente debería contarse con datos de panel para estimar los efectos de eficiencia a nivel individual, sin embargo, debido a limitaciones en la información no resultó posible separar la producción científica y el uso de recursos por investigador y por año. Entonces la información para los cinco años se agregó como si correspondiera a un solo período.

Los datos corresponden a 91 investigadores del área de Ciencias Agrarias y a 31 del área de Ciencias Veterinarias del CONICET, resultando en un total de 122 observaciones. Se han descartado algunos casos por información incompleta.

Se seleccionaron una serie de indicadores como aproximaciones a la producción científica a partir de la información de los reportes periódicos que los investigadores realizan al CONICET. Los cinco indicadores de producción vinculados con las actividades científicas son:

- Artículos publicados en revistas indexadas en el Science Citation Index (SCI) Data Base
- Artículos publicados en revistas incluidas en otras bases de datos, libros y capítulos de libros.
- Artículos publicados en actas de congresos o reuniones científicas.
- Dirección de tesis de Maestrías o Doctorados.
- Dirección de Becarios

También se relevaron una serie de variables cuantitativas descriptivas de los insumos utilizados y también variables cualitativas para reflejar características particulares de cada investigador. Las variables son:

- Salarios (promedio mensual bruto)
- Subsidios para proyectos (total de subsidios recibidos)
- Edad del investigador
- Género del investigador
- Número de investigadores de CONICET que trabajan en la misma unidad de investigación.

Un resumen de estadísticas descriptivas de las variables se presenta en la siguiente tabla:

Cuadro N° 5: Estadísticas Descriptivas

	IP	Salarios	Subsidios	Edad	N	IH
Media	6,49	1.805,12	104.130	47,65	2,90	0,43
Max	35,88	5.432,16	1.270.000	70	12	1
Min	0,30	787,26	0	34	1	0,22
Desvío Standard	4,39	790,31	190.981,07	8,53	3,29	0,13
Mediana	5,70	1.726,12	34.580,50	46	1	0,41

NOTAS:

IP: Índice de Producción

N: Número de investigadores en el mismo lugar

IH: Índice de concentración Herfindahl

Para la estimación definimos un índice de producción (IP) como indicador de la producción científica total. El índice se calculó como un promedio ponderado de las cinco actividades mencionadas previamente. Las ponderaciones para cada actividad representan la percepción de la importancia de cada una de ellas y fue asignada a partir de la opinión de informantes calificados

(investigadores y evaluadores) de la institución. Existen cinco categorías diferentes de investigadores en el CONICET: asistente, adjunto, independiente, principal y superior. Cada una de las categorías tiene una ponderación distinta para cada actividad. El conjunto de ponderadores aplicado en la elaboración del índice se presenta en la siguiente tabla:

Cuadro N° 6: Ponderadores

Categoría	Artículos SCI	Artículos no SCI	Actas de Congresos	Tesis	Becarios	Total
Asistente	0.56	0.24	0.10	0.05	0.05	1
Adjunto	0.49	0.21	0.10	0.10	0.10	1
Independiente	0.455	0.195	0.10	0.125	0.125	1
Principal / Superior	0.42	0.18	0.10	0.15	0.15	1

III.3 Función a Estimar

Para modelar la frontera estocástica de producción utilizamos una forma funcional tipo Cobb-Douglas:

$$(8) \quad y_i = \beta_0 + \sum_{j=1,5} \beta_j x_{ij} + \sum_{j=1,5} \alpha_j D_{ij} + V_i - U_i$$

donde para la i-ésima observación, $i=1,..122$

y = Índice de producción

x_1 = Salarios (en pesos de 2001)

x_2 = Subsidios recibidos(en pesos de 2001). Esta variable es el logaritmo natural del monto total de subsidios recibidos. En caso de no recibir subsidio, se imputó el valor cero y en consecuencia se incluye una variable dummy adicional para controlar este efecto.

x_3 = número de investigadores del CONICET en el mismo lugar de trabajo

x_4 = edad del investigador

x_5 = Índice de Diversificación. Para cada individuo se calculó un índice Herfindahl de concentración utilizando la proporción de cada actividad realizada en la producción total.³

D_1 = Variable dummy para subsidios, asume el valor uno si el investigador no recibió subsidios y cero si recibió⁴.

D_2 = Variable dummy para investigadores que realizan tareas en INTA. Asume el valor uno si el investigador percibe su salario totalmente de INTA.

D_3 = Variable dummy para género del investigador. Toma el valor uno si el investigador es de sexo femenino

D_4 = Variable dummy para investigadores que realizan actividades en unidades de trabajo grandes. Tiene el valor uno si el investigador trabaja en una unidad de más de 40 investigadores.

D_5 = Variable dummy para investigador asistente. Asume el valor uno si el investigador dirige a un investigador asistente de CONICET (los investigadores asistentes son monitoreados por investigadores de categorías superiores).

D_6 = Variable dummy para investigadores del área de ciencias veterinarias. Toma el valor uno si el investigador es del área de ciencias veterinarias.

U_i y V_i son los términos de error definidos anteriormente.

III.4 Resultados

El cuadro N° 7 presenta los resultados de la estimación maximoversosímil de los parámetros del modelo de frontera estocástica.

³ La variable x_5 se calcula como $\sum_{i=1,5} (s_i)^2$ donde s_i representa la participación de la i ésima actividad en el total de producción. Para $i=5$ esta variable se encuentra en el intervalo $[0.2, 1]$.

⁴ Si la variable dummy D_1 no se incluye en la estimación para controlar el efecto de los ceros se produce un sesgo en la estimación del β_2 . (ver Battese 1997)

Cuadro N° 7: Estimadores de Máxima Verosimilitud de los Parámetros del Modelo de Frontera Estocástica

Variable	Parámetro	Coefficiente	Error Estándar	t-ratio
Constante	β_0	3.05	1.29	2.37
Salarios	β_1	0.29	0.24	1.23
Subsidios	β_2	0.07	0.04	1.88
Número de Investigadores de CONICET	β_3	0.08	0.08	0.94
Edad	β_4	-0.99	0.50	-2.00
Indice Herfindahl	β_5	-0.02	0.21	-0.08
Dummy Subsidios (1= no recibe)	α_1	0.61	0.43	1.44
Dummy INTA (1=INTA)	α_2	0.19	0.17	1.09
Dummy Género (1=mujer)	α_3	-0.19	0.13	-1.43
Dummy Tamaño de la Unidad (1= grande)	α_4	0.18	0.11	1.59
Dummy Asistente de investigación (1= tiene asistente)	α_5	0.07	0.16	0.44
Dummy de Area de Investigación (1=Cs. Veterinarias)	α_5	0.27	0.12	2.21
Sigma-squared	σ^2	0.92	0.18	5.02
Gamma	γ	0.92	0.06	16.08
Log likelihood function		-108.11		

LR test of the one-sided error = 14.61
with number of restrictions = 1

El valor de la función logarítmica de verosimilitud (loglikelihood) para el modelo de frontera estocástica es -108.11 , mientras que el valor para la estimación del modelo por mínimos cuadrados ordinarios es -115.41 (en el Anexo I se presenta la salida completa de FRONTIER 4.1). El test de razones de verosimilitud (LR) para contrastar la hipótesis nula de ausencia de efectos de ineficiencia técnica resulta entonces en un valor de 14.14. Este estadístico tiene una distribución

Chi cuadrado mixta y el valor crítico es 2.706 para $\alpha=0.05$ y 1 grado de libertad (Tabla 1, Kodde and Palm, 1986). En consecuencia, la hipótesis de ausencia de efectos de ineficiencia técnica puede rechazarse.

Se observa que el estimador de γ es relativamente cercano a uno (0.92) y con un error estándar de 0.06. Este resultado sugiere que la mayor parte de la variación residual se debe al efecto de ineficiencia U_i , y que el error aleatorio V_i , tiene una baja participación en la variación residual total. En consecuencia, puede decirse que la función de respuesta promedio tradicional (estimada por mínimos cuadrados ordinarios) no parece adecuada para la representación de los datos analizados. Sin embargo, el modelo de frontera no es significativamente diferente de un modelo determinístico sin errores aleatorios incluidos. Notamos que el coeficiente estimado para la variable salarios es positivo, aunque con baja significación estadística. Este resultado puede estar reflejando el hecho que en el sistema no existe un sistema de incentivos que vincule directamente los salarios con los niveles de producción científica de los investigadores. Por otra parte, debe reconocerse que el salario computado puede no ser representativo de los ingresos totales de los investigadores con mayor productividad, ya que estos podrían estar percibiendo ingresos de otras fuentes (consultorías) que no se han computado.

El β estimado para subsidios es positivo y significativo al 10%, indicando que los investigadores con mayores niveles de subsidios tienen mayor producción científica. Por otra parte puede notarse que el efecto de los subsidios en la investigación, medido en términos de elasticidades es de un valor relativamente bajo (0.07), denotando inelasticidad en la relación.

La edad es una variable también significativa y asociada negativamente con la producción, sugiriendo que los investigadores más jóvenes tienen una mayor producción científica. Debe

notarse que en nuestra estimación la producción se ha medido fundamentalmente en forma cuantitativa.

Los coeficientes correspondientes a las variables dummy que controlan por el género del investigador y el tamaño de la unidad de trabajo tienen signo negativo y positivo respectivamente. Esto podría indicar, con baja significancia estadística, que existiría una menor producción en el caso de las mujeres y también que es mayor la producción de los investigadores que trabajan en unidades relativamente grandes. Se destaca, sin embargo, que estos resultados deben relativizarse dado que el ratio t muestra que los coeficientes sólo son significativos para valores de α superiores al 10%.

Se observa también que la variable dummy que controla por el área de ciencias veterinarias tiene signo positivo y es significativa estadísticamente, lo que indica que estos investigadores tienen una mayor producción relativa a los del área de ciencias agrarias. Sin hacer consideraciones acerca de la calidad de la investigación, este resultado muestra la importancia de controlar estos efectos si se desean realizar comparaciones entre disciplinas.

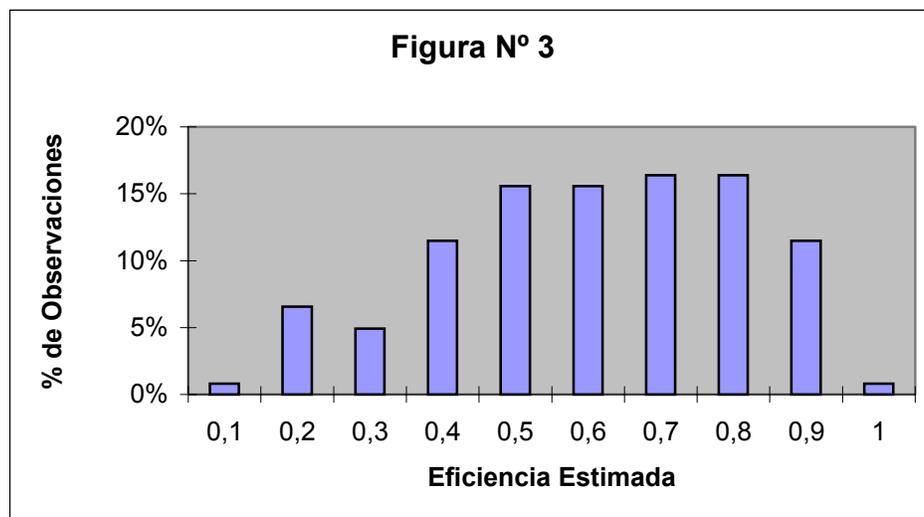
La variable que considera el número de investigadores en el mismo lugar de trabajo, el índice de concentración de Herfindahl y las variables dummy que controlan por trabajo en INTA y asistente de investigación no mostraron significación estadística relevante, por lo cual no podemos afirmar que estén afectando los niveles de producción en la muestra⁵.

III. 5 Eficiencia Técnica

Los efectos de eficiencia técnica fueron calculados utilizando el software FRONTIER 4.1. El valor de eficiencia técnica promedio para la muestra fue de 0.55. En la figura N° 3 se presenta el porcentaje de observaciones en cada decil de eficiencia.

⁵ Resultados similares a los presentados en esta sección se obtuvieron previamente utilizando la misma base de datos pero limitada a los investigadores del área de ciencias agrarias. Estas estimaciones pueden verse en Lema, Guppy y Mirassou (2002).

El gráfico muestra que aproximadamente el 12% de los investigadores tienen un nivel de eficiencia entre 90 y 100 %. Aproximadamente un 16% de los investigadores se ubica en cada uno de los deciles sexto, séptimo y octavo. El resto de la muestra (40% aproximadamente) tiene eficiencias técnicas en el rango 0.1-0.5. Estos resultados destacan que si bien existe un número importante de investigadores con niveles de eficiencia altos, existen mejoras potenciales en el rendimiento del sistema que pueden explorarse trabajando sobre las variables relevantes detectadas.



IV. SINTESIS Y CONCLUSIONES

Este estudio presenta una sistematización de la información disponible del proceso de evaluación de una organización pública para la promoción de actividades científicas. Fueron analizadas las disciplinas Ciencias Agrarias y Veterinaria representadas para 136 investigadores. La información se recogió de los informes reglamentarios anuales y bianuales, para el período 1996-2000. A partir de los mismos, se construyeron indicadores de productividad científica, uso de los recursos, y de características individuales y ambientales.

Se definió un índice de Producción incluyendo diferentes productos (artículos) o actividades (dirección de tesis) acorde a cada categoría de investigador. La decisión de las ponderaciones fue asignada a cada actividad, y en base a la opinión de investigadores del CONICET.

La definición de estos “pesos relativos” es una tarea compleja, y puede tener cierto componente subjetivo. Debe destacarse que, si bien el CONICET tiene reglas normativas que definen las obligaciones para cada categoría de investigador, las diferentes actividades científicas, no están cuantitativamente valoradas.

A partir de los resultados puede afirmarse que algunas de las variables incorporadas en las estimaciones muestran tener efectos sobre los niveles de producción científica: la suma de los subsidios recibidos por cada investigador, la edad, y en menor medida el tamaño de la unidad de investigación.

Tal como es razonable esperar, los subsidios recibidos afectan el nivel de producción positivamente, demostrando la importancia de un financiamiento adecuado para la producción científica.

Asimismo, cuanto más joven es el investigador, mayor es el nivel de producción, lo que indicaría que la incorporación de jóvenes investigadores podría mejorar los niveles de producción promedio del sistema.

La escala de la Unidad Ejecutora tiene efecto positivo en la producción científica, lo que implicaría la importancia de la masa crítica y de un ambiente adecuado para la investigación que podría determinar efectos de escala y derrames de conocimientos. Sin embargo, este resultado debe considerarse con atención ya que si bien el signo es positivo, la significación del coeficiente no resulta determinante para rechazar la hipótesis nula.

La hipótesis de que una alta dispersión de actividades podría afectar la producción negativamente, reflejando que los investigadores que poseen una mayor concentración de tareas poseen también mayores niveles de producción, fue rechazada en la estimación presentada. En estimaciones anteriores se había detectado un efecto de este tipo aunque con escasa significación estadística (ver Lema, Mirassou y Guppy 2002).

En síntesis, la estimación de una función de producción usando la metodología de la frontera estocástica revela que algunas de las variables seleccionadas son determinantes en el nivel de producción científica y que los organismos de promoción de CyT pueden aportar importantes datos para continuar explorando estos temas y mejorar la asignación de recursos y la eficiencia global del sistema.

Referencias Bibliográficas

- Aigner, D. J.; Chu, S. F. (1968), "On Estimating the Industry Production Function". American Economic Review No 58, Vol. 4.(Septiembre):826-839.
- Aigner, D.J., Lovell, C.A.K. and Schmidt,P. (1977), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.
- Battese, G. E.; Broca, S. S. (1996) Functional forms of stochastic frontier production functions and models for technical inefficiencies effects: a comparative study for wheat farmers in Pakistan" CEPA working papers No. 4/96, Department of Econometrics , University of New England, Armidale, Australia
- Battese, G. E.; Corra, G. S. (1977), "Estimation of a Production Frontier Model: With Application to the Pastoral Zone of Eastern Australia". Australian Journal of Agricultural Economics. No 21. Vol. 3. (Diciembre):169-179.
- Battese, G. E. ; Coelli (1995). A Model of Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. *Empirical Economics*. No 20. p. 325-332.
- CAICYT-CONICET. 2000-2001 Informes de Bases de Datos Internacionales.
- Coelli, T. J. (1995): "Estimators and Hypothesis Test for a Stochastic Frontier Production: A Monte Carlo Analysis". *The Journal of Productivity Analysis*. No.6 :247-268.
- Coelli, T. J. (1996). A Guide to FRONTIER Versión 4.1: A Computer Program for the Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation. CEPA Working Paper 96/07, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Armidale. Web Page : www.une.edu.au/econometrics/frontier.html.
- Coelli, T.; Prasada Rao, D.S.; Battese, G. E. (1997), "An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis". Kluwer Academic Publishers.
- CONICET (2001) "Una institución para el desarrollo" Folleto institucional.
- Da Silva e Souza, G., Dias Avila, A.F., and Rodriguez da Cruz, E. (1997) Technical Efficiency of Production in Agricultural Research: A Case Study, working paper, EMBRAPA, Brasilia.
- Ekboir, J; Parellada G., (1999) Algunas reflexiones respecto a los sistemas de innovación en la era de la globalización. Documento de trabajo CIMMYT-INTA setiembre de 1999
- Farrell, M. J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General* No 120, Vol. 30: 253-281.
- Henderson, R. and Cockburn, I. 1996 Scale, Scope, and Spillovers: the Determinants of Research Productivity in Drug Discovery, *RAND Journal of Economics*, 27(1)-32-59.

Jondrow, J.; Lovell, C. A. K. ; Materov, I. S.; Schmidt, P. (1982), "On the Estimation of the Technical Inefficiency in The Stochastic Frontier Production Function Model. Journal of Econometrics. No 19. p. 233-281.n

Kodde, D.A. y F.C. Palm.(1986) "Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Inequality Restrictions", *Econometrica*, 54, p.1243-1248

Lema, D., Mirassou, S. y Guppy M. "Measurement and Sources of Efficiency in Argentina's Agricultural Sciences Research System: A Stochastic Frontier Analysis". Contributed Paper at the International Conference on Impacts of Agricultural Research an Development. CGIAR-CIMMYT- February 2002, Costa Rica.

Meeusen, W. and J. van den Broeck (1977) "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed errors", *International Economic Review*, 18, 435-444

Schmidt, P. (1976), "On the Statistical Estimation of Parametric Frontier Production Function". *Review of Economic and Statistics*. No. 58.Vol. 2. (Mayo):238-239.

Timmer, C. P. (1971), "Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency". *Journal of Political Economy*. No. 79. Vol. 4. (Julio/Agosto):776-794.

ANEXO I

Resultados Completos de la Estimación

Output from the program FRONTIER (Version 4.1c)

Error Components Frontier (see B&C 1992)
 The model is a production function
 The dependent variable is logged

the ols estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.19275016E+01	0.15882459E+01	0.12136040E+01
beta 1	0.23932780E+00	0.25469968E+00	0.93964702E+00
beta 2	0.85090093E-01	0.43970500E-01	0.19351632E+01
beta 3	0.15169152E+00	0.83115424E-01	0.18250706E+01
beta 4	-0.86400162E+00	0.54847621E+00	-0.15752764E+01
beta 5	-0.19910124E+00	0.24181339E+00	-0.82336728E+00
beta 6	0.83601048E+00	0.49193877E+00	0.16994198E+01
beta 7	0.71145744E-01	0.19148016E+00	0.37155673E+00
beta 8	-0.40769522E-01	0.13846328E+00	-0.29444284E+00
beta 9	0.12640191E+00	0.12981411E+00	0.97371466E+00
beta10	0.11654542E+00	0.19866713E+00	0.58663668E+00
beta11	0.16480516E+00	0.14596934E+00	0.11290395E+01
sigma-squared	0.43075387E+00		

log likelihood function = -0.11541919E+03

the estimates after the grid search were :

beta 0	0.25956493E+01
beta 1	0.23932780E+00
beta 2	0.85090093E-01
beta 3	0.15169152E+00
beta 4	-0.86400162E+00
beta 5	-0.19910124E+00
beta 6	0.83601048E+00
beta 7	0.71145744E-01
beta 8	-0.40769522E-01
beta 9	0.12640191E+00
beta10	0.11654542E+00
beta11	0.16480516E+00
sigma-squared	0.83480605E+00
gamma	0.84000000E+00
mu is restricted to be zero	
eta is restricted to be zero	

the final mle estimates are :

	coefficient	standard-error	t-ratio
beta 0	0.30541154E+01	0.12896439E+01	0.23681851E+01
beta 1	0.29374392E+00	0.23846217E+00	0.12318261E+01
beta 2	0.74142462E-01	0.39485219E-01	0.18777270E+01
beta 3	0.75285574E-01	0.80237669E-01	0.93828218E+00
beta 4	-0.99292640E+00	0.49645619E+00	-0.20000282E+01
beta 5	-0.17495598E-01	0.21106276E+00	-0.82892870E-01
beta 6	0.61117707E+00	0.42521453E+00	0.14373382E+01
beta 7	0.18506149E+00	0.16931888E+00	0.10929761E+01
beta 8	-0.18865377E+00	0.13189497E+00	-0.14303333E+01
beta 9	0.17996951E+00	0.11317818E+00	0.15901432E+01
beta10	0.72430738E-01	0.16398430E+00	0.44169312E+00
beta11	0.26821801E+00	0.12140730E+00	0.22092413E+01
sigma-squared	0.92153638E+00	0.18353179E+00	0.50211268E+01
gamma	0.91886913E+00	0.57159700E-01	0.16075472E+02
mu is restricted to be zero			
eta is restricted to be zero			

log likelihood function = -0.10811177E+03

LR test of the one-sided error = 0.14614850E+02
with number of restrictions = 1
[*note that this statistic has a mixed chi-square distribution*]

number of iterations = 19

(maximum number of iterations set at : 100)

number of cross-sections = 122

number of time periods = 1

total number of observations = 122

thus there are: 0 obsns not in the panel

covariance matrix :

0.16631813E+01	-0.98893111E-01	0.66291095E-03	-0.10774361E-01	-0.21711277E+00
0.91217476E-01	-0.31834184E-02	0.31595214E-01	-0.29427336E-01	-0.93811396E-02
-0.22201118E-01	-0.23169048E-01	-0.76641505E-02	-0.46885020E-02	
-0.98893111E-01	0.56864204E-01	-0.11680725E-03	0.47706079E-03	-0.88738422E-01
-0.20387789E-01	-0.78333128E-02	-0.13154931E-01	0.59898715E-02	0.60587151E-02
0.30486210E-02	0.24914357E-02	0.25790574E-02	0.11695193E-02	
0.66291095E-03	-0.11680725E-03	0.15590825E-02	-0.69702989E-03	-0.43113739E-02
-0.10445690E-02	0.15430825E-01	-0.10272998E-02	0.22827982E-03	0.81043617E-04
-0.32647681E-03	-0.21195525E-03	-0.12987403E-03	-0.60421421E-04	
-0.10774361E-01	0.47706079E-03	-0.69702989E-03	0.64380835E-02	0.14930999E-02
-0.22852789E-02	-0.52913135E-02	-0.13196805E-02	0.46870385E-02	-0.33076082E-02
0.12893286E-02	0.20582782E-02	-0.43149731E-02	-0.18487403E-02	
-0.21711277E+00	-0.88738422E-01	-0.43113739E-02	0.14930999E-02	0.24646875E+00
0.28468736E-01	-0.27437362E-01	0.22264156E-01	-0.84944722E-02	-0.10034849E-01
-0.27825986E-02	0.33375098E-03	0.15652316E-02	0.60325138E-03	

0.91217476E-01 -0.20387789E-01 -0.10445690E-02 -0.22852789E-02 0.28468736E-01
 0.44547487E-01 -0.47458851E-03 0.45342129E-02 -0.21911586E-02 0.16812304E-02
 -0.83040489E-02 -0.81100391E-03 0.33380175E-03 0.62458653E-04
 -0.31834184E-02 -0.78333128E-02 0.15430825E-01 -0.52913135E-02 -0.27437362E-01
 -0.47458851E-03 0.18080740E+00 -0.13834717E-01 0.49434726E-02 0.69534573E-04
 -0.18112100E-02 0.39755900E-03 -0.76351989E-02 -0.34107528E-02
 0.31595214E-01 -0.13154931E-01 -0.10272998E-02 -0.13196805E-02 0.22264156E-01
 0.45342129E-02 -0.13834717E-01 0.28668884E-01 -0.59426339E-02 -0.40960351E-03
 -0.15012115E-02 -0.41267094E-02 0.78275575E-02 0.34380702E-02
 -0.29427336E-01 0.59898715E-02 0.22827982E-03 0.46870385E-02 -0.84944722E-02
 -0.21911586E-02 0.49434726E-02 -0.59426339E-02 0.17396283E-01 -0.16063237E-03
 0.42044184E-02 0.10427424E-02 -0.81023142E-02 -0.35024162E-02
 -0.93811396E-02 0.60587151E-02 0.81043617E-04 -0.33076082E-02 -0.10034849E-01
 0.16812304E-02 0.69534573E-04 -0.40960351E-03 -0.16063237E-03 0.12809300E-01
 -0.29534912E-03 0.60985678E-03 0.32443933E-02 0.13920990E-02
 -0.22201118E-01 0.30486210E-02 -0.32647681E-03 0.12893286E-02 -0.27825986E-02
 -0.83040489E-02 -0.18112100E-02 -0.15012115E-02 0.42044184E-02 -0.29534912E-03
 0.26890851E-01 0.23571164E-03 -0.30622510E-02 -0.12724829E-02
 -0.23169048E-01 0.24914357E-02 -0.21195525E-03 0.20582782E-02 0.33375098E-03
 -0.81100391E-03 0.39755900E-03 -0.41267094E-02 0.10427424E-02 0.60985678E-03
 0.23571164E-03 0.14739732E-01 0.13523541E-02 0.52121419E-03
 -0.76641505E-02 0.25790574E-02 -0.12987403E-03 -0.43149731E-02 0.15652316E-02
 0.33380175E-03 -0.76351989E-02 0.78275575E-02 -0.81023142E-02 0.32443933E-02
 -0.30622510E-02 0.13523541E-02 0.33683917E-01 0.78889378E-02
 -0.46885020E-02 0.11695193E-02 -0.60421421E-04 -0.18487403E-02 0.60325138E-03
 0.62458653E-04 -0.34107528E-02 0.34380702E-02 -0.35024162E-02 0.13920990E-02
 -0.12724829E-02 0.52121419E-03 0.78889378E-02 0.32672313E-02

technical efficiency estimates :

firm	eff.-est.
1	0.82830529E+00
2	0.62790017E+00
3	0.50923888E+00
4	0.19585434E+00
5	0.85570595E+00
6	0.73063799E+00
7	0.40242515E+00
8	0.79197274E+00
9	0.45553943E+00
10	0.66782165E+00
11	0.85572498E+00
12	0.46808525E+00
13	0.74514479E+00
14	0.18020043E+00
15	0.68217872E+00
16	0.83314177E+00
17	0.55977166E+00
18	0.47405247E+00
19	0.20558488E+00
20	0.53669461E+00

21	0.44849651E+00
22	0.43772901E+00
23	0.80090671E+00
24	0.41570267E+00
25	0.20723673E+00
26	0.81158066E+00
27	0.81157127E+00
28	0.70280130E+00
29	0.43292111E+00
30	0.71013587E+00
31	0.54183438E+00
32	0.39953057E+00
33	0.60424412E+00
34	0.79550135E+00
35	0.85481139E+00
36	0.41224643E+00
37	0.33799053E+00
38	0.38132810E+00
39	0.65527038E+00
40	0.58644112E+00
41	0.48158893E+00
42	0.44356832E+00
43	0.38388100E+00
44	0.68367356E+00
45	0.33220090E+00
46	0.32888512E+00
47	0.19395574E+00
48	0.50015732E+00
49	0.78881183E+00
50	0.17881054E+00
51	0.79886245E+00
52	0.71334566E+00
53	0.82572917E+00
54	0.87002919E+00
55	0.30915226E+00
56	0.59998055E+00
57	0.81844433E+00
58	0.50281359E+00
59	0.45196761E+00
60	0.63533023E+00
61	0.70035840E+00
62	0.33981678E+00
63	0.80910909E+00
64	0.66847398E+00
65	0.60111912E+00
66	0.52818656E+00
67	0.58356365E+00
68	0.70001272E+00
69	0.66667037E+00
70	0.55685896E+00
71	0.34273501E+00
72	0.34634156E+00
73	0.63353475E+00
74	0.44558281E+00
75	0.53328322E+00

76	0.72894899E+00
77	0.46915650E+00
78	0.53378500E+00
79	0.59847190E+00
80	0.77689244E+00
81	0.64948126E+00
82	0.58688261E+00
83	0.75051867E+00
84	0.33717814E+00
85	0.55876239E+00
86	0.78776919E+00
87	0.49378432E+00
88	0.27708423E+00
89	0.44394028E+00
90	0.72917124E+00
91	0.16495949E+00
92	0.24480643E+00
93	0.48646557E+00
94	0.61738320E+00
95	0.58747029E+00
96	0.34258777E+00
97	0.52360700E+00
98	0.68726719E+00
99	0.48169725E+00
100	0.60116971E+00
101	0.85813455E+00
102	0.91681727E+00
103	0.62587120E+00
104	0.85115791E+00
105	0.66415303E+00
106	0.69608345E+00
107	0.73606737E+00
108	0.73421941E+00
109	0.21815726E+00
110	0.39742899E-01
111	0.53081847E+00
112	0.69473369E+00
113	0.20777543E+00
114	0.40748134E+00
115	0.30692411E+00
116	0.51983380E-01
117	0.60170568E+00
118	0.70346358E+00
119	0.81760556E+00
120	0.77038751E+00
121	0.19196345E+00
122	0.31021162E+00

mean efficiency = 0.55447374E+00