

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
INSTITUTO DE ECONOMÍA Y FINANZAS**



## **REVISTA DE ECONOMÍA Y ESTADÍSTICA**

Decana : Ana Karl de Vega  
Vice-Decano : Héctor Nazareno

### **Editores en Jefe**

Alberto M. Díaz Cafferata                      Ernesto Rezk

### **Coordinadora Académica**

Hebe G. Morales de Marega

### **Coordinadora de Edición**

María Fernanda González

---

Vol. XLIII - Número 2 - Año 2005  
Córdoba (República Argentina) - Ciudad Universitaria  
Departamento de Impresiones y Publicaciones  
Facultad de Ciencias Económicas

Las opiniones expresadas en los artículos firmados son propias de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista de los editores. Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida en su totalidad; sin embargo está permitido realizar copias impresas o digitales de manera parcial, exclusivamente para uso personal ó académico. Cualquier otra utilización con fines comerciales, para beneficio personal ó para incluir textos como componentes de otras obras requerirá la autorización y el pago de derechos.

Universidad Nacional de Córdoba - Facultad de Ciencias Económicas  
Instituto de Economía y Finanzas

## Revista de Economía y Estadística

---

VOLUMEN XLIII Número 2

AÑO 2005

---

### Índice

Entrevista a Víctor Jorge Elías <b>JUAN CARLOS DE PABLO</b>	7
Birth and Early History of Nonlinear Dynamics in Economics <b>EUGENIA PERONA</b>	29
Análisis del desempleo urbano a través de un estudio comparativo de métodos de clasificación <b>MARGARITA DÍAZ, FERNANDO FERRERO, CECILIA DÍAZ , PATRICIA CARO Y MARÍA INÉS STIMOLO</b>	61
El modelo de expectativas adaptativas como mejor método para estimar la variable precio del grano en el modelo de equilibrio parcial para girasol <b>SONIA CALVO, ALFREDO VISINTINI Y WALTER ROBLEDO</b>	87
Los indicadores de gestión en el Sector Público <b>FRANCISCO PEDRAJA CHAPARRO, JAVIER SALINAS JIMÉNEZ Y MARÍA DEL MAR SALINAS JIMÉNEZ</b>	109
Observatorio de Política Globalización, tecnología y crecimiento de la agricultura mundial 2006-2015 <b>FERNANDO SONNET</b>	131

## **Entrevista a Víctor Jorge Elías**

**JUAN CARLOS DE PABLO**

Titular de DEPABLOCONSULT. Profesor de la Universidad de San Andrés  
y del UCEMA.  
[depablo@speedy.com.ar](mailto:depablo@speedy.com.ar)



Elías nació en Tucumán, el 21 de julio de 1937. Hace poco falleció Ana María Ganum, su querida esposa desde 1966, y tiene tres hijos y cinco nietos. Estudió economía en la Universidad de Chicago, donde se doctoró en 1969. A partir de 1965, en la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) enseñó econometría, teoría de los precios y desarrollo económico. También en la UNT gerenció programas de posgrado. Fue profesor o investigador visitante en las universidades Católica de Chile, Bahía (Brasil), Stanford, Harvard, de San Andrés y en el Instituto Torcuato Di Tella. Presidió en dos oportunidades la Asociación Argentina de Economía Política. Es “economista de un sólo tema”: la denominada contabilidad del crecimiento (la culminación de su esfuerzo en la materia está contenida en *Sources of Growth*, International Center for Economic Growth, 1992). Su *curriculum vitae* completo se puede consultar en [www.face.herrera.unt.edu.ar/inveco](http://www.face.herrera.unt.edu.ar/inveco).

No se puede explicar que el Departamento de Economía de la UNT haya sido, durante décadas, uno de los mejores del país, sin colocar a Elías en un lugar clave de dicha explicación. El “turco” es inteligente, muy trabajador, increíblemente rápido para las negociaciones, y muy querido por sus pares y ex alumnos. Tiene sentido del humor, que captan quienes saben algo de teoría económica y están atentos cuando él habla. Por todo lo cual, fue muy fácil elegir con quien iniciar la presente serie de entrevistas.

La conversación que sigue comenzó personalmente en Buenos Aires, el 21 de abril de 2005, y continuó a través del correo electrónico.

*Cuando el 15 de junio de 1994 Rolf Ricardo Mantel te presentó, al ingresar vos a la Academia Nacional de Ciencias Económicas, destacó que en Tucumán te conocen como Jorge, y en Buenos Aires como Víctor. Agregando: “no teman, se trata de la misma persona”.*

No sé si es la costumbre local, uno termina conociendo el nombre cuando saca el primer documento. En mi casa siempre me dijeron Jorge, por lo que pensé que era Jorge Víctor, pero descubrí que era Víctor Jorge cuando llegué a Chicago, porque los americanos utilizan el primer nombre. Esto le ha ocurrido a varias personas.

*Habla de tus padres.*

Mis padres, Julio Elías y Bahilla Assaf, vinieron de Siria, casi en forma contemporánea, alrededor de 1914. Ambos eran de la misma ciudad, Rabah, una villa chiquita, montañosa. Eran parientes, y a través de un tío mío, que era el sacerdote de la Iglesia Ortodoxa en Tucumán, se pusieron de novios.

Se hablaba mucho de La Habana. Nunca supe por qué, en vez de ir a Cuba, vinieron a Argentina. Parece que La Habana era muy atractiva en esa época. Ya había un grupo de parientes y amigos del mismo lugar. Tengo una foto donde están los cuatro que habían viajado juntos, y contaban anécdotas. Salieron vía Génova, y como era dominación turca había problemas para salir.

No conozco la historia del apellido Elías, porque en realidad el apellido de mi padre es Assaf. Allí comienza a decirse “el hijo de”, y a veces hasta se lleva el nombre del abuelo. Aparentemente Elías era el nombre de mi abuelo, no su apellido. En Tucumán hay muchos Elías, pero no son parientes nuestros.

Mi madre era muy joven y no trabajaba. Mi papá, como mucha de la gente que vino de Siria, vendía ropa, viajando por el interior de la provincia.

*Exactamente igual que el papá del ex presidente Carlos Saúl Menem.*

Sus viajes al interior duraban a lo sumo tres días, y yo lo acompañé cuando era un poco más grande [10-12 años] a visitar los campos (todavía me acuerdo cuando hoy paso por ahí). Yo le llevaba las cuentas. Para controlar si él se acordaba de lo que le debía cada persona, yo le decía cifras distintas, y él me corregía. Entonces yo le preguntaba para qué me llevaba con él, si él tenía todo en la cabeza (risas).

*¿Tu papá sabía leer y escribir?*

Leía y escribía apenas el español, así que tenía todo en la memoria.

A veces llevaba una campera nueva, y hasta la vendía si los clientes la preferían a las cosas que llevaba para vender.

Cuando falleció yo estaba en un viaje por Estados Unidos, que duró dos meses, y cuando volví mi mamá me mandó a ver si podía cobrar el saldo

adeudado por cada cliente, porque era bastante dinero. Entonces comencé a visitar los lugares, y me llevé una sorpresa enorme porque todo el mundo respondió.

*¿En qué medida creés que estas vivencias tempranas influyeron sobre tu decisión de estudiar economía, o en la forma que tenés de “ver” el hecho económico?*

No mucho. Soy el hijo menor y notaba que había una preferencia muy grande por mi persona, tanto de mi papá como de mi mamá. Mi papá decía que como había sido muy duro con los hijos mayores, trataba de ser más blando con los menores. Lo que sí me han dado es un cariño muy grande. Creo que las vivencias que conté tuvieron más influencia sobre mi carácter.

Nunca tuve el problema de que uno es perseguido, o que hay dificultades. La vida era muy normal, nunca hubo crisis, nunca experimenté algo conflictivo.

No había seguridad de que uno terminara los estudios, por eso mi mamá dijo que era más conveniente ir a una Escuela de Comercio, porque otorgaban un título intermedio, de “Tenedor de Libros”. Y ya por lo menos uno podía trabajar.

Mi mamá era muy rigurosa. De más grande tuvo que trabajar para complementar el ingreso de mi papá. Lo hizo en el sector de confecciones, siempre desde la casa.

*¿Sos el menor de cuántos hermanos?*

Éramos once, tres de los cuales fallecieron antes de cumplir un año, y otro murió cuando tenía once años. Muchas familias sólo computan los sobrevivientes, y por eso se decía que éramos siete hermanos (cinco varones, dos mujeres).

*En función de los ingresos medios de Tucumán, ¿tu familia era pobre, rica,...*

Clase media baja. Uno vivía bien, en términos de las cuestiones más elementales (por ejemplo: poder ir a la escuela). Mi hermano Miguel, anterior a mí, y yo, nunca trabajamos mientras estudiábamos; los primeros tuvieron que trabajar.

Era una vida normal, sin holgura. Tampoco los demás tenían mucho ingreso. Había una sola familia que tenía auto, y nos reuníamos siempre a verlo. Muy pocas familias tenían artículos para el hogar. Pero el estilo de vida era tal que nadie sentía que algo le faltaba.

*¿Cuántos hijos tenés; alguno de ellos es economista; tuviste algo que ver con la decisión?*

Tengo tres hijos, las dos mayores son mujeres. Ana Georgina y Cecilia Alexandra. Julio Jorge es el menor.

Al comienzo las dos mujeres dijeron que les gustaría seguir economía, pero cuando terminaron el secundario cambiaron de idea. La mayor se doctoró en Física. Yo tenía mucho interés que estudiara en el MIT [Massachusetts Institute of Technology], o en Harvard. Hicimos un viaje que nos facilitó el profesor Robert Joseph Barro, pero prefirió luego organizar su familia y no aprovechó esta oportunidad. La segunda se dedicó a las letras.

Julio comenzó con el área contable, pero a mitad de su carrera se pasó a la Licenciatura en Economía en la Universidad Torcuato Di Tella. Lo cual implicaba perder casi tres años de lo que había hecho en Tucumán. Inicialmente no pensaba estudiar en el exterior, pero luego se entusiasmó y terminó fanatizándose con la carrera, con Chicago.

. . .

*¿Qué rescatás de tu paso por la escuela primaria y secundaria, y la universidad?*

Tuve una muy buena educación. Me dedicaba prácticamente todo el tiempo a estudiar, salvo la práctica de algún deporte. Por lo cual en la escuela siempre me sentí holgado, nunca tenía miedo de estar. Por suerte me fue muy bien. Eso ayuda a uno a sentirse seguro.

Eran épocas en que se cumplían estrictamente todos los días de clase (lunes a sábados), un horario amplio, bien dedicado. Mucha de la enseñanza era un poco repetitiva, no siempre quien enseñaba comprendía lo que estaba enseñando.

Lo que sí noté, y luego lo apliqué en estudios superiores, fue el salto entre la escuela primaria y la secundaria. En la Escuela de Comercio tuve problemas con el examen de ingreso, derivados del hecho de que había cosas que a nosotros no nos enseñaban, y en otras escuelas sí. Especialmente en

el área de lengua. Cuando fui a la Facultad no, porque no había examen de ingreso.

Una enseñanza que extraje, y que lamentablemente la gente no siempre tiene en cuenta, es que quien es el mejor de su lugar, sigue siendo el mejor, en cualquier otra etapa. Puede tener problemas con estudiantes de otros lugares, pero sigue siendo un gran indicador ser el mejor alumno. En Chicago nunca hubo un cambio de orden de los alumnos, con respecto a lo que había en la Universidad de Tucumán.

Tuve grandes problemas, sobre todo en Chicago, cuando me pedían que escribiera. Quizás fue la escuela a la cual asistí. Mis compañeros de Estados Unidos tenían mucha mayor facilidad que yo, para escribir ensayos. Tuve serios problemas cuando tuve que escribir la tesis. Yo estaba preparado para estudiar y rendir, y sacar 10, pero cuando uno tiene que avanzar solo... La otra era la parte de literatura, dado que yo fui a una escuela de comercio.

*El estilo de redacción no es uno de tus fuertes. El valor de tu obra radica mucho más en el contenido que en la forma. Lo cual plantea la siguiente pregunta: ¿cómo hiciste para conquistar a tu mujer, no habrá sido precisamente leyéndole poesías? (risas).*

A mi señora la conocí cuando estudiaba en la universidad. Un grupo nos reuníamos a estudiar en la casa de Valeriano Francisco García, y una semana antes de cada examen nos juntábamos para probarnos, a ver qué es lo que sabíamos. Ella vivía a la vuelta. Yo la conocía, pero ella nunca me había prestado atención.

Cuando regresé de Chicago, mi tío que era sacerdote de la Iglesia Ortodoxa me mandó una delegación de mujeres, para que participe en la juventud ortodoxa. Y ahí la conocí. Ella fue muy especial, porque fue la única que me prestó atención en casi toda mi vida. Supo valorar lo que yo podía ser como persona y como compañero, aunque no como gran conquistador o de poder hablar (risas).

Mis contactos con la Universidad de Alcalá de Henares, España, permitió en 2000 que mi mujer pudiera satisfacer uno de sus deseos más grandes: conocer La Alhambra, verificando las bellezas que crearon y nos legaron los árabes.

*Profesores y lecturas que te impresionaron en la facultad, en Tucumán.*

Como me sobraba tiempo en el secundario, cuando ingresé a la facultad ya tenía dos materias preparadas.

Los profesores de matemáticas eran muy rigurosos, por ejemplo el profesor Reinaldo Steinkrauss, rigurosidad que todavía hoy uso. Eran muy pulcros, en la escritura de símbolos y presentación de los resultados. Aprendí la técnica, pero no nos enseñaban mucho el uso de los instrumentos matemáticos. José Antonio Olmos ofrecía un atractivo curso de estadística descriptiva, y fue el primero que me dio la oportunidad de comenzar mi labor académica.

En el área contable aprendí bien el área de registro, que hoy me resulta muy útil. Los estudiantes que hoy estudian economía tienen dificultad en hacer estudios de empresas, manejar balances.

En historia, el profesor Horace William Bliss estaba innovando, luego fue el Decano.

En economía había un profesor de Santa Fe, Ernesto Navarro, de quien aprendí mucho de los distintos tipos de mercado. Luego en Chicago me dijeron “para qué tantos tipos de mercado”, suficiente con dos: competencia perfecta y monopolio simple. Aprendí toda el área que luego se conoció como de [John Forbes] Nash, se hablaba de [Antoine Augustin] Cournot. El profesor Antonio Forns se ocupaba de la interacción entre macroeconomía, comercio internacional, ciclos y moneda. Me ayudó mucho el libro de [Charles Poor] Kindleberger [International Economics, Irwin, 1953]. En ciclos conocí Prosperidad y Depresión [Liga de las Naciones, 1937] de Gotfried Haberler, que luego releí como algo extraordinario.

*¿Cómo fue que dijiste, “lo mío es economía”?*

Varias veces me hice la pregunta, porque los economistas tenemos la sensación de que la orientación vocacional no tiene mucho sentido, dado que la gente sabe donde va. Lo que recuerdo es que a mí me impactaba que se hablara mucho de [Paul Anthony] Samuelson y del MIT, estoy hablando de 1958 o 1959.

Economía no existía como carrera, sino que estaba la carrera de contador y sólo había tres materias de economía. Lo que se sabía es que si uno

quería ir a estudiar al exterior tenía que estudiar economía y no contabilidad. En Tucumán, el cambio grande se produjo en 1958, cuando Adolfo César Diz asumió como director del Instituto de Economía de la facultad. Ya tenía un Master de Chicago. Él comenzó enseñando estadística, no economía. Estaba muy impactado por el libro de Wallis y Roberts, los dos profesores de Chicago. Era meticuloso. También utilizaba el libro de Ronald Aylmer Fisher [Statistical Methods and Scientific Inference, Oliver and Boyd, 1956], tan complicado que uno leía la página uno y cuando pasaba a la dos, ya no recordaba qué decía la página uno (risas).

La idea de Diz era la de formar el área de economía, pensando en enviar gente a estudiar a Chicago. Siguiendo el ejemplo de Chile. Yo no lo tenía a Chicago, ni sabía nada de dicha universidad. Conocía más al MIT, incluso más que Harvard, porque Samuelson era la figura. No sabía nada de [Milton] Friedman. Lo de Chicago salió básicamente por el contacto de Diz con [Arnold Carl] Harberger. Apliqué a Harvard, MIT y Chicago. Las dos primeras no me aceptaron, Chicago sí. El 4 setiembre de 1961 aterricé en Chicago, con financiamiento de la Organización de Estados Americanos (OEA).

No viajé con formación económica, salvo esos tres cursos. Tampoco tenía la motivación que a otros les surgió, por ejemplo, por haber vivido la Gran Depresión. Como sería en Argentina haber vivido la Gran Inflación. Todo fue un poco “ya que estaba allí, vino esta persona, entonces todo se encaminó”.

*Viajar al exterior implica cierta dosis de coraje. ¿Cómo fue la decisión de dar ese paso?*

Ha sido una suerte que se de el proceso, por varias razones. Nunca comía fuera de mi casa, muy pocas veces viajaba (excepto cuando jugué al básquet, durante los “Campeonatos Evita”, en 1951-1952, pero era en grupo, y además era una actividad tan demandante que no había tiempo para extrañar). Cuando me iba a pasear por 15 días, volvía al segundo día (sic). A mis hijos les digo lo mismo: si alguno tiene problemas, que vuelva al día siguiente. No hay que forzar demasiado el organismo.

Cuando salió lo de Chicago, al comienzo seguí el ritmo (aún ahora hago lo mismo). Cuando lo que hay que hacer está lejos en el tiempo parece que no hay problema, pero cuando se acercaba la fecha del viaje me apa-

recieron dolores muy fuertes de estómago, fui a varios médicos y no tenía nada (risas). Viajé a Chicago con Héctor Ávila, y al segundo día de estar en Chicago desaparecieron todos los dolores.

Pero apareció un nuevo problema, que era el idioma. Antes de comenzar las clases me reuní con otros compañeros. La mala pata es que quien hablaba era australiano, y comentaba los cursos de teoría de los precios; yo no entendía bien al inglés americano, menos el acento australiano. Entonces le pregunté a Ávila: ¿qué hacemos acá? Nos tenemos que volver. Quien nos agregó susto fue Diz, al decirnos que era una carrera muy complicada, y que no nos sorprenderíamos si en el primer arranque nos llegaban a decir que nos volviéramos. Al parecer esa era la tarea de H [arold] Gregg Lewis, quien después cambió mucho (quizás Diz reflejaba su propia experiencia, con un primer año duro y fuerte recuperación en el segundo).

Lo que me ayudó mucho es que al rendir saqué la mejor nota del curso. Yo fui con la idea de que iba a salir casi último, de un grupo de treinta. Salí primero, y eso que entre los alumnos estaba [Robert J.] Lucas, Finis R. Welch y Giora Hanoch de Israel (medio hermano de Moshe Dayan), que era la estrella. Me di cuenta que había gente a la cual le prestaban atención especial, a Hanoch por ejemplo. En un examen de econometría se retiró enojado, diez minutos después de haber comenzado, porque no estaba de acuerdo con la prueba, y los profesores lo fueron a buscar para que retornara el aula.

Nunca tuve la sensación de que estaba controlado. Pensaba “si salís penúltimo, alegrate”. En cambio los chilenos ya tenían una historia, y por consiguiente en la Universidad Católica de Chile sabían, al instante, qué nota había sacado cada uno en Chicago. Y los pobres sufrían, en cambio yo estaba un poco ingenuo. Incluso siempre le agradecía a Alfred Everett Rees, quien me corrigió el primer examen. Como mi inglés era malísimo, respondía las preguntas y los problemas, utilizando gráficos y flechitas. Admiro a mis profesores –creo que nosotros ese trabajo no lo hacemos-, porque se imponían el trabajo de tratar de entendernos. No saber inglés a veces me ayudó, porque me aprobaron cuando en realidad mi respuesta era incorrecta.

El rigor y el frío de Chicago me hacían acordar el año que cumplí el servicio militar. La sensación de que llegás, siempre estuviste ahí y nunca vas a salir de ahí. Pero se me fueron las ganas de querer volver a Argentina.

*Profesores, lecturas, que te impactaron en Chicago*

Eso también me llegó un poco tarde, porque la primera motivación era poder entender lo que leía. Lo cual significaba un esfuerzo muy grande, por el inglés y por el nivel de las lecturas. Y después concentrado en pretender hacer un buen examen. Leía muchos exámenes anteriores, en el caso de los exámenes generales los que habían tomado hasta veinte años antes.

No pretendía entender todo, sino convertirme en una máquina de responder lo que ellos me iban a preguntar. Martin J. Bailey era un gran expositor, estaba preparando su libro (*National Income and the Price Level*, Mc Graw Hill, 1962). Zvi Griliches dictaba precios, a casi nadie le gustaba su forma de exponer, pero él daba lo justo para el examen. Lo que aprendí rápido es que un buen profesor es aquel que dice una, dos o tres cosas buenas por semana, no el gran orador. Griliches iba a la médula y enseñaba cosas importantes. No tuve grandes expositores, excepto Friedman (él era bueno en todo). Harberger también era práctico.

Don Patinkin, profesor visitante, también era un gran expositor, y dedicaba los diez últimos minutos de cada clase, a hablar de lo que iba a hacer en la próxima. Cuando hacías una pregunta fuera de clase, te pedía que la hicieras en clase, así se beneficiaban los otros alumnos. Hirofumi Uzawa venía de Stanford. Escribía y borraba, escribía y borraba. “Está mal”, decía. Hacía su investigación en la clase. Para algunos esto no es un buen profesor, pero para mí es al revés: lo que él transmitía era cómo uno tiene que encarar los temas. Harry Johnson era una máquina hablando.

De los grandes profesores uno lleva las enseñanzas, aunque en el momento que las escucha no las entienda completamente. También se generan muchas amistades con los compañeros, y que hasta ahora perduran, como con A. Humberto Petrei, Nicolás Ardito Barletta, Rolf Luders, etc.

Yo no estaba motivado por temas, no tenía algún tema en la mente, como [Miguel] Sidrauski, quien llegó a Chicago habiendo escrito un trabajo sobre [David] Ricardo. A mí me motivaban las preguntas, y tratar de responder las preguntas. Recién cuando tuve que formular el tema de tesis, me ocupé de la relevancia de las cuestiones.

Al comienzo de mi tesis doctoral (1964-1965) pasé seis meses muy importantes en el Instituto Torcuato Di Tella, donde se estaban elaborando tesis para diversas universidades de Estados Unidos e Inglaterra: la interacción que tuve con sus autores fue un gran reingreso al país.

Con la versión casi final me reuní numerosos sábados con H. Gregg Lewis. Me leía línea por línea, colocando una regla sobre la hoja, la cual iba deslizando muy lentamente. Sólo tomábamos café, entre las 9 y las 19 horas. Me repetía cada rato, o que no entendía lo que yo había escrito, o que no tenía sentido. Cuando yo ya no escuchaba esta recriminación, me parecía que él ya estaba cansado, y que convenía seguir el sábado siguiente.

. . .

*En tu carrera profesional se distingue una porción como profesor, otra como “gerenciador” de cursos, y una tercera, como autor. Comencemos por tu carrera como profesor.*

Recién estaba comenzando la Licenciatura en Economía en Tucumán. Empecé con Comercio Internacional y Econometría, los dos campos que había elegido en Chicago. En Comercio trataba de imitarlo a Harry Johnson, y econometría a lo que se enseñaba en Chicago. Pero con el tiempo fui integrando un montón de temas, que en Chicago los daban como conocidos, o no los mencionaban, porque ellos se concentran en lo que ellos hacen.

Más tarde dicté teoría de los precios, teoría monetaria, algunos cursos aplicados de economía para contadores que querían hacer lo que hoy se llama “Tesina”, y nosotros denominábamos “Seminario”.

Y luego, como quedó libre el curso de Desarrollo Económico, empecé a dedicarme, a pesar de que había hecho poco en esta materia. Con el paso del tiempo me dediqué más a Desarrollo y menos a Econometría. En esta última no me interesan tanto los métodos, como la forma en que me ayuda a conseguir resultados. Veo más el final que el proceso.

*¿Y fuera de Tucumán?*

También tuve interesantes experiencias. En 1976, durante dos meses, dicté clases de Comercio Internacional en la Universidad Federal de Bahía, en Brasil. Los alumnos eran muy entusiastas. Uno de ellos, Isaiás Coelho (luego doctorado en Rochester) tomó notas de mis clases en portugués, que luego utilicé en otros lugares. Con los alumnos nos reuníamos frecuentemente a beber cerveza, ya que era época de carnaval.

En 1977 ofrecí un curso similar para el programa del Centro Interamericano de Comercialización (CICOM) de la OEA, en el edificio que la Fundación Getulio Vargas tenía en Río de Janeiro. Era una nueva experiencia ya que los alumnos eran funcionarios con licencias de varios países latinoamericanos y en general mayores de treinta años. Estaban muy nerviosos y pendientes de los resultados de los exámenes, ya que ello podría afectarles sus carreras si no aprobaban con buenas notas. A cada rato había planteos.

En 1995, en la Universidad de San Andrés ofrecí un curso de Econometría, a una camada que creo fue una de las mejores que tuvo dicha universidad. Las clases eran los lunes y yo viajaba el domingo anterior. A pesar de mi expectativa pude cumplir con este compromiso de viaje. Al finalizar el curso se hizo la tradicional encuesta a los alumnos sobre las cualidades de profesor, que para mí era y fue la única vez. Se aprende mucho de los comentarios de los alumnos y algunos puntos nos sorprenden. Creo que aprobé, pero no con 10.

*Metiéndome en tu aula, y a la luz de Johnson versus Griliches, o de profes que hablan y de profes que hacen hablar. ¿Cómo sos?*

Fui cambiando. Al comienzo era una máquina de hablar, al estilo de Johnson. Ahora me pregunto cómo hacía antes, porque hoy no cubro ni la quinta parte del programa (risas). Con mi experiencia, ahora puedo hablar de un tema muy chiquito, tres clases seguidas. Espero que el alumno lo capte, y trate de incorporarlo. Algunos temas no me gusta darlos, sino que los lean. En Desarrollo, donde más trabajé, trato de explicar algunos temas “de la cosecha de uno”.

Uso mucho el humor. El humor académico, para hacer entretenidas las clases. También hago participar mucho a los alumnos, lo cual a muchos no les gusta. Si dejo hablar a quien desea hacerlo, muchas veces nadie quiere levantar la mano, y si llamo por el nombre a veces eso los atemoriza. Pero creo que la interacción es muy importante. Les hago escribir muchas monografías y los hago exponer.

La dureza también es importante. Uno a veces va cambiando. Para un alumno promedio, es mucho mejor que el profesor sea duro, a que sea blando. Esto lo aprendí de Harberger. El venía a Tucumán, a discutir cómo manejábamos y organizábamos las cosas, de un lugar donde todo se hacía bien, siempre, mientras que acá comenzamos a hacer las cosas bien, y luego nos adaptamos a los baches, problemas, etc. Pero él venía fresquito. Cuando

yo quería hacer algo que a él no le parecía bien, decía: “Ese es tu problema, no mi problema”. “Esa es mi plata: con tu plata hacé lo que quieras, con mi plata no”.

*Los economistas distinguimos entre corto y largo plazo. En materia de enseñanza es preferible a que tus alumnos hablen mal de tu mamá, y luego con el desarrollo profesional te lo agradezcan, y no al revés.*

Eso pasó con Adolfo Critto, que es sociólogo. Integró la segunda camada del curso de Estadística Inferencial, que dictaba Diz, un curso muy duro. Diz trajo la idea de que si en el parcial te iba mal, tenías que dejar el curso. Es lo que le pasó a Critto, quien no tenía gran formación en estadística, pero sí gran intuición para plantear los problemas. Lo único que quizás le crítico a Diz es que probablemente no le haya otorgado peso a eso. Critto se retiró criticando. Tiempo después lo visité en Columbia, y decía que le agradecía a Diz la dureza, y que él era el mejor en estadística para sociólogos, allá en Estados Unidos.

*¿Qué surge de tu experiencia como gerenciador de cursos?*

Fue un desafío bien interesante. Gané experiencia organizando el Congreso Econométrico Latinoamericano de 1993, en Tucumán. El sistema que se armó para el Grupo Latinoamericano es muy bueno, porque quien era chairman del programa tenía que conseguir toda la plata, y a su vez tenía que hacer todo el trabajo. Hay otros congresos donde estas dos actividades se separan. Prefiero la unión, porque si uno hace el esfuerzo de conseguir la plata, se motiva más si también es uno quien decide en qué gastarla.

También aprendí que uno tiene que tener mucho poder de decisión. Hay que actuar rápido, y no se puede consultar mucho. Siempre tuve mala experiencia cuando uno derivaba algo y volvían con diez preguntas más en vez de resolverme el problema.

No sé cómo hice, pero desde el día que me llamaron de México, para que organizara el congreso de 1993, me dediqué a tiempo completo. Fue mi única preocupación durante un año. Esto es muy importante: para que las cosas se hagan bien, uno tiene que ser dedicado y estar constantemente. Un profesor que yo invitaba y me decía que no, inmediatamente enviaba otras diez invitaciones. Si alguien quería cambiar un pasaje en clase turista, por otro en clase ejecutiva, tenía que decidir en el acto. Tuve importantes

enseñanzas de economía a través de las cartas del por qué no aceptaron la invitación algunos, como Friedman o Robert Merton Solow, que guardo como documentos importantes.

Otra cosa que aprendí es que si uno quiere conseguir la asistencia de los mejores, no hay que pedir la ayuda de nadie. Porque normalmente el buen economista sugiere a sus amigos (risas). Nadie va a hacer un esfuerzo grande por conseguir a otro, cuando muchas veces a él mismo le resulta complicado conectarse. Los contactos que hice a raíz del congreso me permitieron manejar mejor el posgrado.

Cuando entre 1965 y 1968 dirigí el Instituto de Economía de la UNT, conseguí que en 1967 Jacob Mincer nos visitara durante un mes. Su nombre había sido sugerido por John Hunter, profesor de Michigan y asesor de la Fundación Ford. Lo conocía algo pero no tenía idea de su dimensión académica. Nos dio un curso de Economía laboral con los temas que durante el año anterior había estado trabajando en el National Bureau of Economic Research. Fue la primera vez que tuve oportunidad de discutir con un “colega”, ya que a los de Chicago los veía y los sigo viendo como profesores. Hasta hoy mantenemos contacto y fue quien le sugirió a Geoffrey Moore que nos ayudara para el proyecto del Ciclo Económico. También nos dejó una frase que no olvido: “si el salario no se ajusta a la productividad, la productividad se ajusta al salario”.

En el posgrado, a diferencia del grado, tomé la tarea con estilo dictatorial. Tuve muchas críticas, yo escuchaba a los alumnos, a los colegas (si alguien me daba un argumento bueno yo lo “compro”), pero luego decía: “Yo quiero decidir”. Para eso uno tiene la responsabilidad. Es la forma en que se tienen que manejar los programas. Si la cuestión es muy grande uno necesita consejos, pero el posgrado es una cosa chica. Pero los consejos dan más dolores de cabeza que soluciones.

No hay separación entre las tareas de investigación y de gerenciamiento. Los investigadores que a la larga han triunfado en su tarea, son grandes gerenciamientos. Porque la investigación requiere formar gente, coordinarla, y conseguir fondos. Relaciones. Todo eso es gerenciamiento.

Cuando Sherwin Rosen visitó Tucumán, le pregunté cómo hacía como decano para elegir profesores [en el Departamento de economía de Chicago], dado que era su tarea principal. Muy simple, me contestó. Uno no dice “queremos un profesor de comercio internacional”. Uno busca a los mejores, porque a veces el área de estudio va cambiando. Si el mejor nos dice que

no, buscamos al segundo; y si el segundo nos dice que no, nos olvidamos de dicha área.

También se le preguntó quién había sido el mejor rector de la universidad. Enseguida tiró el nombre. Y cuando le pregunté por qué, respondió: “Porque mejor estaban los sueldos”. Me parece un buen indicador de si una institución es buena o no.

En Chicago la Escuela de Negocios construyó un nuevo edificio, y le cedió el edificio viejo a la de Economía. Se planteó una discusión, sobre si se mudaban o no. Porque la comunicación entre los profesores era considerada muy importante, y no se quería perder el contacto. Un día, en un ascensor, escuché una conversación entre Friedman y Harry Johnson, referida a por qué el departamento de Economía de Chicago se había desarrollado tanto. Friedman dijo: “Porque Chicago está lejos de Nueva York”, de modo que la gente se dispersa menos.

En Tucumán siempre tuvimos mucho contacto, compartiendo el café de las diez de la mañana y el de las 5 de la tarde.

Desde 1994 hasta 2001, con Rodrigo Fuentes, de Chile, organizamos las conferencias anuales de Crecimiento económico, alternando la sede entre Tucumán y Santiago de Chile. Fue un importante taller de trabajo, que reunió a destacados economistas de Estados Unidos, Chile y Argentina.

A través del Instituto de economía aplicada de la Fundación Banco Empresario de Tucumán, desde 1994 pude generar una actividad muy instructiva en contacto con empresarios y periodistas. Estos últimos nos ponen a prueba si sabemos bien el tema y si lo sabemos explicar. Desde su creación y hasta ahora tuve una muy fructífera interacción con la Fundación de Investigaciones Económicas Latinoamericanas (FIEL). En la Fundación del Tucumán desarrollé varias actividades, como almuerzos mensuales para empresarios y la edición en 1996 de La Economía de Tucumán, en el cual contribuyeron además Harberger, Dagnino Pastore, Zapata, Ricardo Arriazu y Daniel Artana.

*Pasemos a tu obra escrita. Hay economistas “de todos los temas” y hay otros “de un solo tema”. Vos sos un típico ejemplo de los segundos. Tu tema fue la contabilidad del crecimiento, como uno asocia a Jorge Katz con cambio tecnológico. ¿Por qué un tema, por qué ese tema?*

Cuando comencé la tesis Harberger me entusiasmó con la idea de hacer un nuevo estudio sobre la demanda de bienes durables. El había hecho

uno referido a tractores, casas, heladeras, etc., y quería nuevos bienes. Yo iba a dedicarme a televisores. Pero no me entusiasmó un tema referido a Estados Unidos. Me salió la veta nacionalista. Dije que yo era de Argentina, que no me veía estudiando una cuestión sobre Estados Unidos.

Entonces me pasé a estudiar productividad en la industria manufacturera argentina. Ellos me hicieron ver que yo necesitaba generar datos, por lo cual tendría que volver a Argentina. No tomé toda la dimensión del problema y me dediqué a eso. Ahora le recomiendo a los alumnos que hagan las cosas al revés: que terminen la tesis lo más rápido posible, y después que hagan lo que quieran.

Pero al final esto resultó en una buena experiencia. No tenía dimensión de lo que tenía entre manos. Mi idea era que lo que tenía que hacer era cumplir con un trabajo, no la motivación de entender lo que había pasado con la manufactura en Argentina. Discutir la idea de la industrialización, la protección, etc., todo eso vino después.

Luego, como nuestros sueldos no eran muy altos, comencé a buscar complementos. Y también pensé que sería interesante volver a Estados Unidos. En 1972, en Canadá, tuve la suerte de hablar en un congreso con Richard Mallon, quien sugirió que fuera un año a Harvard: “yo te consigo el lugar, vos te conseguís la plata”. Que pícaro este Mallon, pensé (risas). Pero después me di cuenta que estar en Harvard es como estar en el Cielo, la plata aparece sola. Pero esto lo aprendí de a poco. Pedí y obtuve dinero, y como tenía que hacer un proyecto elegí el de fuentes de crecimiento.

En Harvard estaba Simon Kuznets, y también estaban interesados Griliches y Dale W[eldeau] Jorgenson. Hablé con Griliches, a quien conocía de Chicago. Aquí hay otra enseñanza, porque me dijo: “yo ya no estoy en esta cuestión”. Pero sabía muchísimo. Pero muestra cómo ellos se van desplazando de temas. Y entonces me mandó a Jorgenson, quien dirigía un seminario para gente que estaba haciendo su tesis sobre estas cuestiones. A raíz de lo cual me hice un nombre entre quienes se dedican a fuentes del crecimiento. Jorgenson me consiguió un lugar en Stanford, fui con él un tiempo, y después ya se mezcló entre fuentes de financiamiento y el tema. Porque para seguir consiguiendo apoyo la cuestión del tema era importante.

Pero todavía la idea era medir, poner las cuentas. Dedicaba 18 horas por día a medir, y luego alguien, pícaramente, me preguntaba “¿qué dicen los datos?”. Y yo decía: que lo digan los demás, yo ya llegué hasta aquí. En Estados Unidos hay mediciones desde hace muchos años, de modo que hay transmisión de los datos y de la interpretación. De manera que uno se incor-

pora con alguna idea fija, de lo que quiere demostrar. En cambio a mí esto me llegó un poco tarde. Poder capturar los cambios de calidad en trabajo y capital significa un esfuerzo enorme, por lo que recién en los últimos cinco o diez años me dediqué más a la interpretación.

Hay tesis que sobresalen porque le pegan con el tema en el momento justo. Le pasó a Diz sobre moneda, a Lucio Reca sobre crecimiento agropecuario, y a Juan Antonio Zapata con las externalidades de los pozos de agua. En cambio a mí no. Parecía como si yo estuviera estudiando cosas del año 1930.

Entre 1978 y 1985 interactué mucho con el International Food Policy Research Institute (IFPRI), investigando el rol de los gastos del gobierno dedicados al sector agropecuario, sobre el comportamiento de este sector. Su director, John Mellor, fue un gran interlocutor para mi trabajo. Allí también conocí a Edward F. Denison, inventor de la contabilidad del crecimiento, quien trabajaba en la Brookings Institution. A raíz de esta actividad, en 1987 la Asociación Asiática de Productividad me invitó a dictar una conferencia en Tokio, porque estaban muy interesados en aplicar mi enfoque en los países de su área. También publicaron en japonés el primer Informe de investigación que preparé para el IFPRI. Estando en Tokio me di cuenta lo que significa ser “sapo de otro pozo”. Aunque luce redundante, todos los que caminaban en las calles del centro eran japoneses. Pasó un ómnibus escolar con chicos de la primaria, todos los cuales se iban riendo al ver este “ejemplar” de América Latina.

La redacción de *Sources of Growth* tuvo varias etapas. Comenzó en 1980, durante mi estadía de un mes en la Villa Serbelloni, en Bellagio, Italia. Este programa es financiado por la Fundación Rockefeller y reúne en forma simultánea a ocho académicos de todo el mundo, rotando de a dos por semana. El lugar puede catalogarse como un verdadero “Paraíso material”, porque lo atienden a uno como si fuera un personaje importante. Se dice que en los grandes parques montañosos de la villa caminaba Plinio el Grande, inspirándose para escribir muchas de sus grandes poesías; lamentablemente esta externalidad no pude absorberla. Te asignaban una pieza monacal, con una puerta que se abría con una llave muy antigua y de mucho peso. Llegué a una versión casi final en 1988, durante una visita de dos meses que hice al Food Research Institute en la Universidad de Stanford en 1988 (era mi segunda visita, la primera había sido en 1975). Como complemento de mi trabajo hice varias entrevistas largas, a Moses Abramovitz, Víctor Robert Fuchs, Theodore Wilbur Anderson, y Friedman. La tercera y última etapa fue su edición, para lo cual en 1990 Rolf Luders me organizó una visita de un

mes a la Pontificia Universidad Católica de Chile, y me acorraló con dos norteamericanos especialistas en redacción que me martirizaron, pero con un gran éxito... creo.

De acuerdo al uso que se hicieron de mis trabajos, señalo como aportes: 1) una metodología para medir el capital humano basada en la simple división de la nómina total de salarios, por el salario unitario de un trabajador con categoría "cero o casi cero educación"; 2) la medición de la contribución del sector externo al crecimiento económico identificando las ganancias del comercio a través del adicional de inversión que puede realizarse, y también a través de la división del capital fijo entre componentes domésticos e importados; y 3) el estudio de los determinantes del crecimiento a través de los determinantes de sus fuentes: trabajo, capital y productividad.

Mis resultados también sirvieron para ampliar sustancialmente la cobertura y el detalle del estudio comparativo de países, a nivel mundial. Una porción fue utilizada como monografía de base, en la elaboración de la edición 1991 del World Development Report del Banco Mundial. Además empujé la necesidad de identificar los determinantes del aumento en productividad a través de la baja de los precios de sus fuentes, lo cual puede llevar a desarrollar una teoría del crecimiento más apropiada, tanto para países poco como muy avanzados. El análisis comparativo de la convergencia me permitió identificar fuertes diferencias entre las conductas de los países avanzados y menos desarrollados, lo cual puede permitir avanzar hacia una teoría más general. Estimaciones del stock de capital humano permitieron ampliar el concepto de capital, para incluir tanto el humano como el físico.

*¿Cuáles fueron tus principales hallazgos empíricos, en tu esfuerzo sobre contabilidad del crecimiento?*

Generando bien las cuentas de una economía se puede llegar lejos en entender su marcha. Hoy ello se concentra en la explicación de la evolución de la productividad, clave del crecimiento económico. Mi aporte se centró en explicitar en forma detallada la metodología y el manejo de la información, lo cual hizo que mi trabajo atrajera a muchos estudiosos del crecimiento económico.

Cualquiera sea el tema, uno tiene mucho instrumental. No es sólo álgebra, datos empíricos. Uno llega a las grandes ideas a través de varios mecanismos. A veces falta cerrar. Aprendí mucho a través del empirismo;

llegar a entender los problemas. Creo que uno puede hacer mucho, aunque no cierra del todo porque se necesita solidificarlo con modelos.

Ese enfoque hoy tiene mucho peso. Hay un líder en esto, [Steven D.] Levitt, en Chicago. En mi época lo era H. Gregg Lewis. La idea es encontrar casos donde uno en forma clara entienda el problema. Por supuesto que el resto de lo que uno estudia ayuda a iluminar, porque nadie mira algo porque sí. Uno aprende a mirar.

La discusión acá era con [Julio Hipólito Guillermo] Olivera, quien opinaba que los argentinos teníamos que hacer teoría, porque –utilizando el argumento del comercio internacional- tenemos ventaja comparativa en matemáticas pero no en datos. Pero yo le decía que no, que él hace teoría. El empirismo no necesita tener buenos datos porque parte de la tarea consiste en generar datos. Cuando alguien habla, uno quiere saber concretamente dónde estamos, cuáles son los resultados, etc. Lástima que yo lo voy aprendiendo más de viejo. Conozco gente que tiene madurez empírica a los treinta años, no sé como lo lograron; yo lo conseguí después de los 50.

*¿Qué otras actividades que creas importante destacar?*

Durante varios años fui miembro del Consejo Asesor del Instituto de Economía de la Universidad Argentina de la Empresa (UADE). Omar Chisari logró conformar un buen grupo, que también integraban Vittorio Corbo de Chile, Aloisio Araujo de Brasil, y Juan Vital Sourrouille, Rodolfo Manuelli, Carlos Miguel Tacchi y el rector. Nos reuníamos tres veces al año, con asistencia perfecta. Discutíamos las actividades del Instituto, la generación de nuevos emprendimientos y la forma de encararlos. Las reuniones, que se desarrollaban a lo largo de una larga mañana, finalizaban con un almuerzo digno del mejor restaurant de Buenos Aires. Fue una etapa muy fructífera, tanto para la UADE como para nosotros.

Desde 1970 integré diversas comisiones asesoras en el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). El primer caso que me tocó analizar fue el ingreso a la carrera de investigador, de Rolf Ricardo Mantel y Ana María Martirena-Mantel. Yo ya conocía la gran potencialidad de ambos. Su ingreso se complicaba porque ellos habían elegido como lugar de trabajo una institución privada [el Instituto Di Tella], cuando la tradición era elegir una institución pública. Si bien este tema fue superado posteriormente, aparecía como una dificultad en esos momentos. Por suerte los miembros de la Comisión aceptaron mis argumentos, que lo que importaba más era la calidad del investigador. Fue mi primera prueba de fuego

como actuación en comisiones asesoras. Luego este entrenamiento me iba a ser útil cuando integré otras comisiones y jurados de premios y concursos.

En 1965, con José María Dagnino Pastore y Guillermo Edelberg, integré la comisión que estudiaría si se creaba una nueva asociación de economistas argentinos, o si aceptábamos la oferta de Julio Hipólito Guillermo Olivera de incorporarnos a la ya existente asociación Argentina de Economía Política (AAEP), de la cual era su presidente. Aconsejamos incorporarnos a la AAEP, sugiriendo que la presidencia debía ser rotativa y algunos otros cambios en los estatutos. Nuestra propuesta fue aceptada en la reunión de Centros que se realizó en Mendoza ese mismo año y dio comienzo a la “masiva” afiliación de la ya nutrida familia de economistas argentinos.

*Cuando –en economía- se piensa en la universidad pública en Argentina, se destacan dos casos claros: Tucumán y La Plata. Y de Tucumán vos sos la personificación del “milagro”, dadas las circunstancias. ¿Es así?*

Uno ha hecho un esfuerzo grande. Tuve gran interacción con Raúl Pedro Mentz en estadística, y con Manuel Luis Cordero, Héctor Fernando Ávila, Valeriano Francisco García, Carlos Alberto Pucci, entre otros, en economía. Como secretario primero, y luego como decano, Ernesto Ramón Cerro jugó un rol fundamental. Lo que luego de mucho tiempo hemos logrado es apuntar a varias áreas, y la forma de ver las cosas.

Los contactos internacionales también fueron muy importantes. Ayuda a comparar lo que uno está haciendo. Los mejores colegas de Estados Unidos (Harvard, MIT, Chicago, Yale), han brindado generosamente su tiempo para hablar con nosotros. Los buenos en Argentina muchas veces se aislaron. El caso muy particular fue el aprecio que le tenemos a Mantel, muy dado, siempre dispuesto a dar todo el tiempo necesario para discutir cuestiones.

Con Carlos Federico Díaz Alejandro nos encontramos en diversas oportunidades, y se interesó mucho en nuestra pequeña “escuela de economía” de Tucumán. Me invitó a exponer en la universidad de Yale, y su gentileza era tan grande que hasta me contrató una baby sitter para cuidar a mis hijos, y así poder ir a cenar con mi señora y un grupo de profesores de Yale.

Junto a contabilidad del crecimiento, hemos insistido mucho en los ciclos. En Argentina no siempre es fácil enseñar, porque no siempre existe la base empírica para decir qué problemas hay. Si pregunto en Argentina qué

le ocurrió al diferencial de ingreso entre gente preparada y no preparada, nadie sabe. En cambio, en los países avanzados, donde hay muchos estudios empíricos, cuando discuten un tema de distribución del ingreso, tienen bien detectada la causa.

Lo mismo en el caso de los ciclos, cuando se habla de etapas de recuperación y de recesión. En Estados Unidos están bien identificadas, y se insiste en que durante el ciclo no todas las variables se comportan de igual forma. Por eso un día me pregunté cómo se miden los ciclos.

Dos “hobbies” que tuve fueron atraer a Tucumán a grandes economistas y lograr que nuestros graduados accedieran a las mejores universidades para hacer sus doctorados. Barro presentó en 1992 el borrador de su futuro libro de Crecimiento Económico publicado en 1995 y luego abrió las puertas de la universidad de Harvard a nuestros mejores graduados. Me comentaba con pena que los alumnos de hoy no sabían quién era Harry Johnson. Cuando le pregunté por qué no había obtenido la medalla John Bates Clark [otorgada por la American Economic Association, cada 2 años, al economista más brillante que todavía no cumplió 40 años], me dijo que no lo hiciera acordar de ese triste tema, pero que George Stigler le había comentado que para llegar al Nobel no hacía falta dicha medalla.

Marc Nerlove en 1996 nos ofreció un curso de Economía Agrícola, que era en realidad más de Desarrollo. Empezábamos a ver por qué la sociedad pasó de la caza (algo entretenido) a la agricultura (algo aburrido). Nos dijo que el libro de Thomas Robert Malthus sobre dinámica poblacional era lo más importante escrito en nuestra profesión. Me hizo preparar visitas a las explotaciones agropecuarias, que nos llevaban diez horas por día; era el pago no pecuniario que requería.

James Heckman en 1998 nos ofreció un curso de métodos econométricos de evaluación social de proyectos, y me pidió que le hiciera filminas de más de 1.000 páginas. Era un espectáculo ver su velocidad en exponer las filminas y cómo encontraba en un segundo las que ya había pasado para volver sobre ellas. Quiso que cambiara mi enfoque de medir los cambios en calidad de la fuerza laboral, pero no lo logró. Se interesó mucho sobre la relación histórica Tucumán - Chicago y quería tener fuertes argumentos para revitalizarla hoy. Sus argumentos en Chicago parece que fueron muy efectivos.

Guillermo Calvo vino varias veces a ofrecer Finanzas Internacionales y logró generar mucho interés en nuestro grupo. También me quería apartar del enfoque monetario chicagense y se quejaba porque al área internacional

en Chicago ya no se le prestaba tanta atención, como había ocurrido en la década de los sesenta. Siguiendo la idea por la cual Theodore Wilhain Schultz lo convenció a Harberger a dictar un curso de Finanzas Públicas en Chicago (algo que nunca había hecho), convencí a Manuelli que dictara el curso de Economía Pública en Tucumán, lo cual fue creo muy exitoso.

Entre las satisfacciones que tengo en este largo caminar, menciono las invitaciones que recibí para participar en los homenajes que se hicieron en Estados Unidos, a los profesores Robert L. Basmann (mi profesor de econometría en Chicago), Mincer, Jorgenson, Friedman (cuando cumplió 90 años), Harberger (50 años de excelencia en economía) y Larry A. Sjaastad.

*Alguien como vos, que trabajó toda su vida, quizás sobre la jubilación, pero nunca se jubila. ¿En qué proyectos estás trabajando ahora, y cuáles tenés en carpeta?*

Actualmente estoy trabajando en un artículo conjunto con Jorgenson y Khoung Vu, ambos de Harvard, tratando de identificar el rol que tuvo el capital informático en el crecimiento de América Latina durante el período reciente (1989-2002). En carpeta tengo un libro sobre la economía de Argentina, tratando de integrar la enseñanza de la economía (micro y macro) con el caso argentino. Creo que nuestro país presenta ricas evidencias para entender la utilidad del análisis económico y servir como texto de economía.

*Víctor, o Jorge, gracias.*

A vos.



## **Birth and Early History of Nonlinear Dynamics in Economics**

**EUGENIA PERONA\***

Departamento de Economía y Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas,  
Universidad Nacional de Córdoba  
eperona@eco.unc.edu.ar

### **Abstract**

*Since the 1980s, nonlinear dynamic modelling is becoming a popular methodology in economics. However, it is not as new as many researchers seem to believe. Before the linear approach dominated economic theory around the 1950s, many economists were actively involved in the development of nonlinear models, this tendency being particularly strong during the period 1930-1950. The main objective of this essay is to offer a systematic and comprehensive survey of the early developments in nonlinear dynamics in economics, ranging from Frisch's original impulse and propagation model in 1933, to Goodwin's formalisation of the limit cycle in 1951.*

Key words: nonlinear modelling, economic cycles, macrodynamics, endogenous/exogenous fluctuations, history of thought 1930-1950.

JEL classification: B2, N1

### **Resumen**

*Desde comienzos de los '80, la elaboración de modelos no lineales se está volviendo una metodología cada vez más popular en economía. Sin embar-*

\* An early version of this paper was presented at the *Shadow Talks* seminar (University of Cambridge, November 2003).

*go, no es tan novedosa como muchos investigadores parecen creer. Antes de que el enfoque lineal dominara a la teoría económica alrededor de los '50, muchos economistas se encontraban comprometidos con el desarrollo de modelos no lineales, especialmente durante el período 1930-1950. El principal objetivo de este ensayo es proporcionar una revisión sistemática de los desarrollos pioneros en dinámica no lineal en economía, desde el modelo original de impulso y propagación de Frisch en 1933, hasta la formalización de Goodwin del ciclo límite en 1951.*

Palabras Claves: modelos no lineales, ciclos económicos, macrodinámica, fluctuaciones endógenas/exógenas, historia del pensamiento 1930-1950.

Clasificación JEL: B2, N1

## **I. NONLINEAR MODELLING IN ECONOMICS: OLD WINE IN NEW BOTTLES?**

Nonlinear dynamic modelling is becoming a popular methodology among economists doing research on various areas such as market dynamics, growth, financial markets, social networks, regional economics and environmental economics among others. Since the 1980s, there has been an explosion in the literature on nonlinear dynamics including chaos theory and, more recently, complexity theory<sup>1</sup>. The reasons for such an interest are varied, but contributors usually mention: a) the limitations of standard (neoclassical) models which seem to be incapable of addressing certain features of economic reality, b) the disappointment with traditional linear stochastic models which do not perform quite well empirically, and/or c) a growing awareness that the internal dynamics of an economy follows a very complex behaviour which is endogenously generated (see e.g. Arthur et al. 1997; Day and Chen 1993; Colander 2000a, 2000b; Rosser 2004).

Many reasons have been posited to explain the boom in nonlinear modelling over the last two decades. Philip Mirowski (1998, 2002), for instance, is well known for his thesis that all sciences, and in particular economics, are on their way to become 'cyborg sciences'. Others argue that nonlinear modelling has been successfully applied within natural sciences like physics, chemistry or evolutionary biology, and therefore it is only natural for economics to follow the path opened by its more prestigious sisters (Anderson 1988, Foster 1997). In addition, many authors suggest that the

<sup>1</sup>For a survey see Kiel and Elliott (1998), Arthur et al. (1997), Rosser (2004) and Perona (2005).

key factor explaining the rise in nonlinear dynamics in economics has been the massive increase in computing power during the second half of the twentieth century.

In a sense all the above arguments are right. In this paper, however, I would like to focus on a rather different aspect. In my view one of the most interesting features of nonlinear dynamics in economics is that it is, in fact, not new. Indeed, before the linear approach dominated economic theory around the 1950s, many economists were actively involved in the development of nonlinear models, this tendency being particularly strong during the period 1930-1950 (Baumol and Benhabib 1989, Day 1993, Tvede 1998). Certainly, this inclination was associated with the rise in macroeconomics and, in particular, with the study of business cycles and fluctuations, a theme which was, at the time, high on the economists' agenda. Dynamic analysis was thus closely related to the rise and expansion of macroeconomics<sup>2</sup>, to the extent that it was common to speak of 'macrodynamics', a term coined by Frisch as early as in 1933.

It is in effect understandable that the study of economic cycles flourished during the first decades of the twentieth century: the central economies were experiencing strong fluctuations and instability, especially over the inter-war period. A large number of articles – published in the first issues of many well-known journals – were devoted to the discussion of the problem of the trade cycle, showing the extent to what there was a need to understand this phenomenon. However, most of the very first papers on economic cycles were, in the opinion of some authors, literary discussions that could sometimes be vague and imprecise (Baumol and Benhabib 1989). It was not until the 1930s that the first attempts to give a more formal expression to aggregate fluctuations were undertaken.

In a nutshell, the history of macrodynamic models of the business cycle started with the most simple dynamic theories describing the path towards a stable equilibrium. Those simple models were followed by some more complicated ones, with equilibrium being achieved after a process of oscillatory adjustment. Eventually, explicit nonlinear models leading to limit cycle solutions appeared for the first time in economics. The long-lasting

<sup>2</sup>On the contrary, microeconomics was slower to incorporate dynamic features due to the dominance of the (neoclassical) general equilibrium framework, which was static in nature and therefore, not quite amenable to dynamic analysis (Nagatani 1981). In the early times, the only attempts to apply dynamic analysis to microeconomics were some simple cobweb models showing the process leading to market equilibrium. Today both linear and nonlinear models are thriving in various traditionally microeconomic areas, such as the dynamic theory of markets, or game theory.

debate about the exogenous/endogenous origin of fluctuations has always been in the background of this evolution. On the one hand, the attempts to model cycles using linear models – where fluctuations were artificially generated through the introduction of time-lags – supported the exogenous position. On the other hand, nonlinear modelling emphasised explicitly the endogenous nature of cycles.

The main objective of this paper is to provide a comprehensive survey of these early developments in nonlinear dynamics in economics. I believe that this is an important task for at least two reasons. First, it shows clearly that nonlinear modelling in economics is not as new as many scholars unaware of the history of the discipline seem to believe; in effect, nonlinear models have been around for quite a long time before they were ‘rediscovered’ by supporters of chaos theory in the early 1980s. Second, it serves to illustrate the different motivations of economists throughout the century: whilst the early developments in macrodynamics emerged as a response to the necessity to understand contemporary economic phenomena, today’s interest in nonlinear dynamics is mostly associated with methodological needs, i.e. with an attempt to find more sophisticated tools of analysis, which can address the limitations in traditional methods without relinquishing the ideal of formalisation.

In addition, the story of the birth of nonlinear dynamics in economics leads naturally to a historical question: why did nonlinear models practically disappear between 1950 and 1980 and had to be re-introduced in the 1980s by borrowing them from the natural sciences? Although the answer to this question is beyond the scope of the present essay, I will briefly sketch an (evolutionary) explanation towards the end of the last section. For the time being my intention is just to carry out a systematic revision of early macrodynamic models, to remind us of the roots and the (forgotten) fathers of nonlinear modelling in economics.

The structure of the paper is as follows. Section II deals with the original linear models of Frisch and Samuelson, who were among the first economists searching for mathematical expressions to describe fluctuations. At the same time other economists, such as Kalecki and Harrod, were trying to explain the mechanics of business cycles by taking into account a number of endogenous factors influencing macroeconomic behaviour. The endeavours leading to the emergence of the first (implicit) nonlinear models are examined in section III. Section IV is devoted to the discussion of some pioneering works in nonlinear dynamics in economics. The first economist to notice the importance of introducing nonlinearities to explain economic fluctuations

was Kaldor in 1940. Ten years later, in his famous theory of the trade cycle, Hicks introduced two basic nonlinearities in the investment function. Finally it was R. Goodwin who developed a formal model of the limit cycle in 1951. Section V concludes with an overview of the reasons explaining why nonlinear modelling in economics came to an end in spite of previous successes.

## **II. THE ORIGINAL (LINEAR) DYNAMIC MODELS OF THE CYCLE**

### **II.a. Frisch's pioneering work**

The first attempts to come up with a mathematical expression to describe economic fluctuations were carried out using linear models. By the late 1920s, mathematical models involving a time dimension were very simple; in general, they merely described elementary adjustment processes towards an (either stable or unstable) equilibrium, which was usually done by employing a first order linear difference equation. It soon became apparent that these models could only reproduce non-cyclical behaviour, and thus were not suitable to represent the fluctuations observed in the real economy. However, second order linear difference or differential equations could produce cycles to some extent, and it is in this line that the initial efforts were directed. Two prominent theoretical devices developed at that time, i.e. the Keynesian multiplier and the acceleration principle, also contributed to render second order linear processes a likely alternative to start modelling oscillations.

On the empirical side, the most active area of research in economics (preceding the birth of econometrics in the 1930s) was the construction of simple time series models. Nevertheless, the ad-hoc nature of those models was heavily criticised by many researchers doing empirical economics, who insisted on the importance of adopting a 'structural' model-building strategy, in order to develop systems of equations capable of describing the functioning of the whole economy. In other words theory, rather than data analysis, should be given priority. Both visions, however, – namely the early works in the time series tradition, notably the works by Yule (1927) and Slutsky (1927), *and* the approach centred on the theoretical (structural) aspects of the business cycle – contributed to the rise of dynamic modelling in economic theory during the early 1930s (Hendry and Morgan 1995).

One of the seminal papers in this vein was Frisch's 1933 "*Propagation problems and impulse problems in dynamics economics*". According to Frisch, the study of cycles was essentially dynamic<sup>3</sup>, and could be decomposed into two problems: propagation and impulse. To describe the propagation mechanism, he used a very simple structural framework, consisting of the following equations:

Investment equation:

$$y = mx + \mu \, dx/dt \quad (1)$$

Consumption equation:

$$dx/dt = c - \lambda w = c - \lambda(rx + sy) \quad (2)$$

where:

$y$  = annual production of capital goods

$x$  = annual production of consumption goods

$w = rx + sy$  = demand for money<sup>4</sup>, representing the cash needed for the purchase of consumption and capital goods, as a constant proportion ( $r$  and  $s$ ) of their production

$\lambda$  = positive parameter

$c$  = autonomous component of consumption

$m$  = coefficient reflecting the demand for capital goods due to direct and indirect depreciation<sup>5</sup>

$\mu$  = direct and indirect requirements of capital goods due to the change in the production of consumption goods

Equation (1) simply states that the demand for capital goods is a demand for repossession plus a demand due to the rate of change in the

<sup>3</sup>Frisch (1929) defined 'dynamics' as the analysis of variations comparing one point in time to the next.

<sup>4</sup>Called by Frisch, following the Walrasian terminology, the *encaisse désirée* (Frisch 1933:179).

<sup>5</sup>In Frisch's words:

the constant  $m$  represents the *total* depreciation on the capital stock associated with the production of a unit of consumer's goods, when we take account not only of the *direct* depreciation due to the fact that fixed capital is used in the production of consumer goods, but also take account of the fact that fixed capital has to be used in the production of those capital goods that must be produced for replacement purposes (Frisch 1933:176; his italics).

production of consumption goods. It is therefore a version of the accelerator, an idea which Frisch borrowed from Clark. In turn, equation (2) states that the rate of change in consumption is always positively related to an autonomous component 'c', which may increase or remain constant over time. The second term in the right hand side represents a countervailing effect, since the demand for money 'w' can only grow up to a limit given by the total stock of money, which cannot increase indefinitely. Therefore, this factor introduces a tension in the system:  $dx/dt$  grows at a decreasing rate and whenever the limit is reached, consumption falls and consequently, the demand for new capital goods falls as well.

Indeed, Frisch was thinking of a cyclical process. He actually drew in his paper (1933:178) a graphic showing the oscillations in his model's main variables, that is, consumption and capital production. However, because of the way in which Frisch formulated the equations, he failed to find a mathematical expression for the cycle he had in mind. Substituting (2) into (1) for  $dx/dt$ , the system yields a linear relationship between 'x' and 'y'. Conversely, by replacing (1) into (2) for 'y', it is possible to end up with a first order differential equation in 'x', which yields an exponential (convergent or explosive) solution for the two variables involved.

Frisch concluded that the system was too simple to generate oscillations and thus it was necessary to make it more general. He did not realise, however, that the system he had in mind was a nonlinear one. Had he included the money restriction into his equations, he would have found that the system produced endogenous oscillations. But even for him – whose analytical skills were notorious – some notions were beyond the mathematical knowledge that economists possessed at that time.

Faced with this situation, Frisch thought of several courses of action to make his (linear) system more complex. One possibility was to accept that, at a point in time, savings and investment could differ<sup>6</sup>. There was a simpler way to amend the system in order to produce oscillations though, which was via the introduction of time-lags in the investment process. Frisch opted for the latter solution, following

Aftalion's point of view... [consisting] in making a distinction between the quantity of capital goods whose production is *started* and the

<sup>6</sup>This idea was later adopted by most economists engaged in the modelling of the trade cycle.

activity needed in order to *carry to completion* the production of those capital goods whose production was started at an earlier moment (Frisch 1933:181; his italics).

Hence, he introduced a third equation into the system as follows:

Carry-on-activity function:

$$z_t = \int_{\tau=0}^{\infty} D_{\tau} y_{t-\tau} d\tau \quad (3)$$

meaning that the amount of production of capital goods or ‘carry-on-activity’ at time ‘t’ (represented by  $z_t$ ), is the activity needed to continue with the production of capital goods started in previous periods. The fraction of production to be completed in each period is  $D_{\tau}$ , called the ‘advancement function’. Assuming a constant amount of carry-on activity:  $D_{\tau} = 1/\varepsilon$  (for  $0 < \tau < \varepsilon$ ) and  $D_{\tau} = 0$  (for  $\tau \geq \varepsilon$ ).

Differentiating in (3):

$$\varepsilon dz/dt_t = y_t - y_{t-\varepsilon} \quad (3')$$

Combining (1), (2) and (3'), and replacing ‘y’ by ‘z’ in (2), Frisch obtained a mixed differential-difference equation system. It is easy to show that this system can be expressed as a higher order linear equation and therefore, it is capable to produce cycles so long as the roots are complex numbers. Frisch then investigated the solution empirically, substituting the structural coefficients in his model by some plausible values of the parameters. The result was that, in effect, the variables displayed a damped oscillatory behaviour, and he was able to identify three waves (whose mean duration was approximately 8.6, 3.5 and 2.2 years respectively), corresponding to long and short economic cycles.

However, Frisch’s ingenious model suffered from a fatal weakness, namely the fact that the oscillations brought about by his propagation mechanism were damped; in other words, cycles died out in a finite time. To sort this problem out, Frisch borrowed an idea from Slutsky, who had shown that cycles could be represented by means of the accumulation of random shocks. It was at this point that he decided to add an exogenous impulse to his propagation mechanism:

one way which I believe is particularly fruitful and promising is to study what would become of the solution of a determinate dynamic

system if it were exposed to a stream of erratic shocks that constantly upsets the continuous evolution, and by so doing introduces into the system the energy necessary to maintain the swings (Frisch 1933:197)<sup>7</sup>.

In short, the pioneering model advanced by Frisch was a deterministic linear model accompanied by random shocks, where the deterministic part (i.e. the propagation mechanism) combined a version of the accelerator with time-lags in the investment function. This makes Frisch's theory an interesting starting point to study the early nonlinear macrodynamic models because it is both rich in its implications and simple in its format. In addition, his essay of 1933 can be seen as a prominent landmark in the long-lasting debate about the endogenous/exogenous nature of macroeconomic cycles.

Following Frisch's seminal work, many other papers appeared which both criticised and extended some of its assumptions. Central to the criticisms was the fact that the model did not include any notion analogous to the Keynesian multiplier. In the 1930s, this was considered an important omission. In effect, Frisch made his investment function react to changes in consumption, but the model did not allow for any impact the other way round, running *from* investment *to* consumption. Such an omission was intentional though: the author regarded consumption as a totally exogenous variable, determined only by custom and institutions on the one hand, and the liquidity constraint on the other. In his view, the indirect effect of an increase in output due to the initial growth in investment played no significant role in the economy.

This was clearly in contrast to the vast majority of models in the aftermath of the Keynesian revolution, which usually combined different versions of the multiplier and the accelerator to explain macro cycles. In his survey on business cycles, Zarnowitz emphasises this point:

the 1930s and 1940s saw a proliferation of formal models of essentially endogenous cycles in aggregate output, which use various versions of the investment accelerator and the consumption multiplier and let the two interact (1985:539).

It is interesting to notice that the reluctance by Frisch to include something like the Keynesian multiplier prevented him from building a truly

<sup>7</sup>To make his point, Frisch used an analogy with the oscillating pendulum as an intuitive justification. Although he did not include an explanation as to what causes the exogenous shocks in his model, in the last section of his paper he briefly refers to Schumpeter's ideas on innovation.

endogenous model of the cycle. This point was made by Thalberg (1990) who explored the model in depth and performed several estimations for different values of the parameters. He demonstrated that, as Frisch had shown sixty years earlier, oscillations were heavily damped for any parameter specifications. Also and more importantly, Thalberg showed that it was the failure to include any feedback effect from investment to consumption the reason why the model was inevitably stable, since condition (2) prevented the system from exploding. Had the multiplier been included, the system could have displayed more complicated behaviours<sup>8</sup>.

### II.b. Samuelson's generalisation

A second relevant landmark in the history of early macrodynamics in economics is Samuelson's article of 1939, thought to be the most elegant representation of a multiplier-accelerator model. Samuelson gave mathematical form to Hansen's intuitions, being his model – except perhaps for the inclusion of the accelerator<sup>9</sup> – completely keynesian in nature. His system also consisted of three equations:

$$Y_t = g_t + C_t + I_t \quad (4)$$

$$C_t = \alpha Y_{t-1} \quad (5)$$

$$I_t = \beta (C_t - C_{t-1}) \quad (6)$$

where:

$g_t$  = government expenditure

$C_t$  = consumption

$I_t$  = induced private investment

$Y_t$  = national income

$a, b$  = positive parameters representing the propensity to consume and the 'relation', respectively (see footnote 9)

In this case, it is straightforward to solve the system in order to obtain a second order difference equation:

$$Y_t = g_t + \alpha(1+\beta)Y_{t-1} - \alpha\beta Y_{t-2} \quad (7)$$

<sup>8</sup>Thalberg shows this fact using a numerical example (1990:110-11).

<sup>9</sup>Samuelson (1939:75) called the accelerator the 'relation', representing it by  $b$ .

Depending on the values of  $a$  and  $b$ , (7) will have real or complex roots leading to exponential or cyclical behaviour (either explosive or damped), respectively. Samuelson then found the mathematical expression for the boundaries of  $(\alpha, \beta)$ , corresponding to the four regions in which the variables exhibit different sorts of qualitative behaviour.

Samuelson's model was, then, a more general representation than that of Frisch, and a benchmark to which all subsequent theories would refer to. There was a crucial difference between the two models though. Whilst Frisch had rendered his system dynamic by means of lagging the investment function – something that *a priori* seemed to be a plausible description of the workings of the real economy –, Samuelson introduced time-lags in his model in a much more unrealistic fashion, since there was no substantial economic justification for the particular form adopted in (5) and (6). The advancement function used by Frisch was certainly ad-hoc (he assumed  $D_t$  constant), but he had in mind the more general meaning of the carry-on-activity function.

The only reason why Samuelson could have chosen such a representation, is that he was looking for a simple and elegant way to transform a linear system in a second order difference equation, capable of producing cycles for certain values of the two parameters involved. The dynamics displayed by his model were thus mostly mechanical and devoid of empirical meaning. Relevance had been sacrificed for the sake of mathematical tractability, something that would be raised as a criticism against all time-lag models of the cycle in the years to come.

### III. THE TRANSITION TOWARDS NONLINEAR MODELLING

#### III.a. Kalecki's intuitions about the limit cycle

Samuelson's multiplier-accelerator model made it apparent that the use of second order linear systems to model fluctuations was limited. In effect this sort of model could produce only four types of time path: a) oscillatory (stable or explosive) and b) non-oscillatory (stable or explosive), plus two particular cases including a stationary equilibrium and a cycle of constant amplitude. Being the latter an unstable equilibrium, it could not be considered as a realistic possibility. Explosive cases were ruled out as well, both on empirical *and* theoretical grounds, since such behaviour would violate the linear approximation (see Puu 1993:3). As a result, it was concluded

that if such a type of linear system was used to model cycles, it could only realistically represent damped oscillations. Consequently the only way to explain sustained fluctuations was to accept the existence of some sort of exogenous shock to keep the cycle 'alive'<sup>10</sup>.

What about higher order systems? Perhaps second order difference equations were still too unsophisticated to model the upturns and downturns of the real economy. The truth is that higher order systems fared no better than second order ones. In Baumol and Benhabib's words:

it was soon recognized that linear equations of even more complex (that is, of higher order) than Samuelson's would not generate any time paths basically different from these four. This range of possible time path configurations simply was not sufficiently rich for the economists' purposes, since in reality time paths are often more complicated and many oscillations do not seem either to explode or dampen toward disappearance (1989:79).

The perceived limitations in linear systems paved then the way for more complex (i.e. nonlinear) exercises in dynamic modelling.

One of the leading economists taking a pioneering step in this direction was M. Kalecki, who offered an interesting and innovative interpretation of the mechanisms describing the functioning of the economy of his times. Kalecki presented his macrodynamic study at the meeting of the Econometric Society in 1933, and a mathematical version of this paper was published later in the third volume of *Econometrica*. However, it was only in another paper of 1937, that the author's ideas on cycles were intuitively explained.

At first sight, Kalecki's model seemed to be unquestionably different from the linear models developed by Frisch and others, since it looked like a truly endogenous model capable of displaying sustained oscillations (see below). For Kalecki the main reason for the existence of cycles was, once again, the nature of investment in a capitalist economy, in particular the time-lag between investment decisions and the effective production of capital goods. However, the *mechanism* through which the process operated was very different from Frisch's. As it was pointed out in II.a., the production of capital goods was, for the latter, determined by changes in consumption (i.e. Clark's accelerator), whilst the multiplier effect was largely absent. Kalecki, on the contrary, did not rely on the acceleration principle to explain fluctuations and, although he explicitly acknowledged the keynesian multiplier,

<sup>10</sup> This shows the connection between linear models and the so-called exogenous approach.

this device played no significant role in his explanation of cycles. Kalecki, in fact, had in mind the notion of a 'limit cycle'.

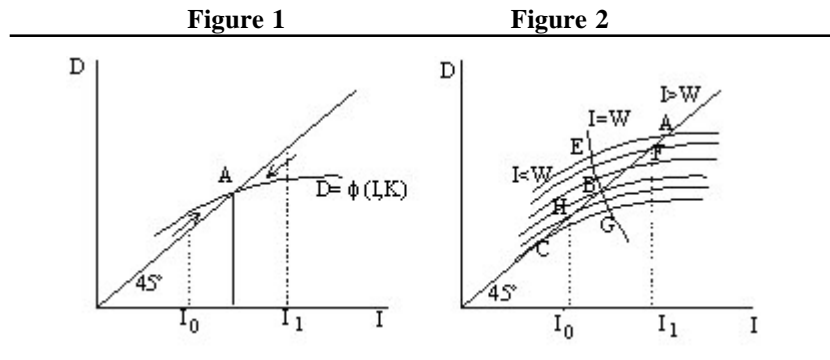
Essentially, his theory stated that the rate of investment decisions 'D' is a positive function of the gap between the prospective rate of profit – which depends on expectations and supply prices of investment goods ( $p_k$ ) – and the rate of interest – influenced by lenders' confidence as well as the money market. Both the prospective rate of profit and the rate of interest are in turn a function of investment 'I' and the stock of capital 'K'. Therefore:  $D = f(I, K)$ . Once investment decisions are made, the effective production of capital goods lasts for several periods at the end of which they are added to the stock of new capital. Meanwhile, new investment decisions are made and new projects are undertaken during each period, so that the process is repeated continuously.

Kalecki illustrated the nature of the cyclical process with the aid of two graphs<sup>11</sup>. For a given stock of capital, the function D is as shown in Figure 1. A small increase in investment has a positive impact on expectations and  $p_k$  as well. The final effect on the prospective rate of profits is thus not clear, but the model assumes that starting from a low level of investment – such as  $I_0$  – the first effect will predominate and the prospective rate of profits will grow. With respect to the rate of interest 'r', a small increase in investment will raise the demand for money on the one hand, and have a positive effect on lenders' confidence on the other. Again, the final impact on 'r' is not clear, but starting from  $I_0$  it is likely that it will fall. Therefore, at a level of investment such as  $I_0$ , we have  $D_0 > I_0$ . In the following (theoretical) period, investment decisions are carried out so that  $D_0 = I_1$ , and so on until the point where  $D=I$  is reached. Conversely, starting from a high level of investment  $I_T$ , the increase in  $p_k$  will predominate making the prospective rate of profits fall, whilst the interest rate will be growing due to the monetary restriction. Therefore  $D_T < I_T$  and investment will drop until  $D=I$ . So far, the process described can be represented by a standard first order linear difference equation, converging to a stable equilibrium.

It is only when changes in the stock of capital are allowed for, that the model's cyclical nature is rendered evident. Kalecki explained the process as follows. For a constant level of investment, the function D shifts downwards whenever K increases. The reason is that, if investment does not change neither does income, and thus a higher stock of capital is associated with

<sup>11</sup> For a thorough explanation see Kalecki (1937).

a constant level of income, meaning that the prospective rate of profits has to be decreasing (for every I, D is lower).



Source: Fig. 3, Kalecki (1937:88).

Source: Fig. 8, Kalecki (1937:95).

In addition, Kalecki introduced another function, namely the curve  $I=W$ . This function shows that for every  $K$  there is a level of investment  $W$  which keeps the economy's capacity constant (i.e. accounts for depreciation). If  $I>W$ ,  $K$  is increasing and  $D$  will shift downwards; if  $I<W$ , investment is insufficient to replace existing capital and consequently  $K$  will fall and  $D$  will shift upwards.

Now it is easy to understand the mechanism that Kalecki had in mind in his endeavours to explain the origin of trade cycles. In Figure 2, beginning at  $I_0$  (point H),  $D>I$  but at the same time  $I<W$ . Hence investment is raising fast, aided by the fact that the stock of capital is falling, what affects expectations and the rate of profits in a positive direction. Once point E is reached ( $I=W$ ), it still holds that  $D>I$ , but as investment expands it becomes  $I>W$ ,  $K$  grows,  $D$  starts shifting to the right, and investment increases but at a decreasing rate. Eventually at point F we find that  $D=I$ , but  $K$  is still growing and it soon happens that  $D<I$ . In this period investment is falling rapidly and hence there is a recession. Finally, beyond point G,  $D$  is still less than  $I$  and investment is diminishing, but its fall is partially remedied by the fact that the stock of capital is falling ( $I<W$ ), and thus stimulating the recovery. In this fashion, the process goes on indefinitely.

To sum up, Kalecki's ideas on the limit cycle represented a fundamental contribution compared to previous (linear) models. Although he also explained the cycle by means of time-lags in the investment function, Kalecki

was able, by contrast to Frisch or Samuelson, to model continuous oscillations. Nevertheless he could not complete his project, in the sense that he could not formalise his intuitions appropriately, meaning that nonlinear models of the cycle had to wait a few more years to be formally introduced in economics.

It is interesting (and sad) to know the details of Kalecki's failing to show his intuition mathematically. In his 1935 paper – when the essay presented at the Econometric Society was published – he attempted to carry out a mathematical representation of his model. However he made the mistake of choosing a *linear* form for the investment decision function (D) and thus ended up with a higher order linear system. A simplified version of Kalecki's mathematical representation is discussed below to illustrate the point. Assuming that there is only a one-period lag, it is possible to show that his system leads to a second order difference equation in D:

$$D_t = \alpha + \beta I_t - \gamma K_t \quad (8)$$

$$D_t = I_{t+1} \quad (9)$$

$$K_{t+1} - K_t = I_t - W_t \quad (10)$$

Equation (8) is a linear version of the investment decision function  $D = \phi(I, K)$ . Equation (9) states that all investment projects are completed within one period time. Finally, equation (10) is the condition that the stock of capital be growing when investment exceeds its replacement level (net investment is positive). Making appropriate substitutions:

$$D_{t+1} - (1+\beta)D_t + (\beta+\gamma)D_{t-1} = \gamma W_t \quad (11)$$

which is the second order analogue to equation [17] in Kalecki's 1935 paper.

Not only did Kalecki fall in the trap of linearity but, worse than that, when he was faced with the dilemma of explaining how a linear system producing damped oscillations could account for his intuitions about sustained cyclical processes, he made use of what seemed to be a bizarre argument. Essentially he *assumed* that the system behaved according to the very particular case of complex roots with a null real part (constant oscillations). Such assumption was soon pointed out and criticised by Frisch (1935), who attacked Kalecki in public and again remarked on the necessity of relying on exogenous shocks.

In fact, Kalecki did not discard the possibility of his model producing damped oscillations when he affirmed that "...clearly it is an arbitrary assumption that the moving point comes back to its initial position E – the trajectory need not be a closed curve but may also be a spiral" (1937:95). His

point was, however, totally different from his predecessors: he wanted to show that the system was intrinsically unstable, emphasising the operation of endogenous forces in economic cycles. He was not sufficiently understood though.

#### **IV. THE EARLY NONLINEAR MODELS**

##### **IV.a. Kaldor's first nonlinear macrodynamic model**

Had Kalecki used a nonlinear specification for his investment decision function, he could have certainly found the way to model a limit cycle. It was only in 1940 when N. Kaldor, an economist who was aware of the relevance of Kalecki's work, became convinced of the necessity of employing nonlinearities to account for sustained fluctuations.

The model advanced by Kaldor was different from the previous ones in that the author did not make it dynamic by imposing a time-lag structure on the investment function. Due to the widespread acceptance of Keynesian ideas in those years, and being himself based at Cambridge and thus under their direct influence, Kaldor followed a different path. Essentially, his model was rendered dynamic by making savings (S) differ from investment (I), a course of action that was to be subsequently chosen by most economists modelling cycles. In effect it was observed that the discrepancy between ex-ante S and I, together with some version of the multiplier-accelerator, yielded a model that could produce – in a purely endogenous fashion – cyclical fluctuations in aggregate output. Let me discuss Kaldor's model a bit more in detail.

Given that  $S=I$  holds as an identity ex-post, Kaldor pointed out that if planned (ex-ante) investment exceeds planned (ex-ante) savings ( $I^d > S^d$ ), then it must be either  $I < I^d$ , or  $S > S^d$ , or a combination of both. In this case output increases so long as there is an undesired fall in stocks and households are buying more consumers' goods due to the higher income. The opposite result occurs whenever  $I^d < S^d$  and there is a reduction in the level of activity. Furthermore, Kaldor assumed that both  $I^d$  and  $S^d$  are functions of income:

$$I^d = f(Y) \quad \text{with} \quad \partial I^d / \partial Y > 0 \quad (12)$$

$$S^d = g(Y) \quad \text{with} \quad \partial S^d / \partial Y > 0 \quad (13)$$

Nevertheless he soon realised that if these functions were linear, there would be only one equilibrium which might be either stable or unstable, depending on their relative slopes. For instance if  $\partial S^d / \partial Y > \partial I^d / \partial Y$  ( $S$  is steeper), then: a)  $I^d > S^d$  to the left of the equilibrium point and output would be expanding towards its equilibrium level  $Y^*$ , whereas b)  $S^d > I^d$  to the right of the equilibrium point and output would be contracting until reaching the stable equilibrium  $Y^*$  (Kaldor 1940).

In fact equation (12) – which states that  $I$  depends on the *level* of activity rather than the rate of change in  $Y$  – means that Kaldor's model did not include a proper version of the accelerator mechanism. Had he used an alternative formulation, he would have ended up with a second order linear differential system similar to Samuelson's. However, it was not necessary for him to follow such a procedure to realise that linear models were incapable of producing continuous oscillations and therefore the only possible way to generate them was using a *nonlinear* specification<sup>12</sup>.

His model consisted of two continuous S-shaped curves describing the behaviour of savings and investment, which he believed were justified on empirical grounds, since the slope of  $I^d$  ( $S^d$ ) should be smaller (larger) both for low and high levels of output. In addition, he maintained that when activity is high, investment is high too, and consequently the stock of capital in the economy is increasing. In this case the  $S^d$  curve shifts upwards – because people are consuming and saving more for every  $Y$  – and the  $I^d$  curve shifts downwards – because there are fewer opportunities for profitable investment. By drawing the two curves in a graph like the one shown below (Figure 3), Kaldor noticed that  $I^d$  and  $S^d$  intersected at three points: A, B (two stable equilibria) and C (an unstable equilibrium).

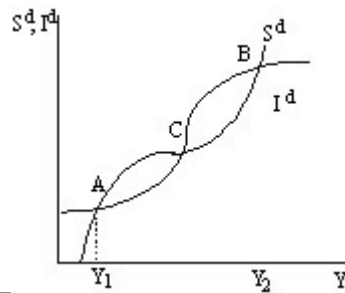
His explanation of the cycle runs as follows<sup>13</sup>. In an equilibrium like B, output is high ( $Y_2$ ) and then  $S^d$  is continuously shifting to the left and  $I^d$  to the right; in consequence  $Y$  is contracting and B approaches C, the unstable equilibrium. When point C is reached,  $S^d > I^d$  and a cumulative downward process is generated with income falling rapidly until A. Once in the new (stable) equilibrium A, the process goes the other way round. Income is very low ( $Y_1$ ) and net investment is negative, so that  $S^d$  is

<sup>12</sup> In the same way linear models are associated with the exogenous (or impulse) approach, endogenous explanations of the cycle presuppose nonlinear modelling.

<sup>13</sup> For a thorough description of the cyclical process see Kaldor (1940:83-85). The necessary conditions for this process to generate cycles are stated in p.85.

continuously shifting to the right and  $I^d$  to the left, whilst  $Y$  is expanding. Finally, when  $A=C$ ,  $S^d < I^d$  and a cumulative upward process takes place with income growing rapidly back to  $B$ . Then the process repeats itself.

**Figure 3**



Source: Fig. 5, Kaldor (1940:83).

It is interesting to note that if  $S^d$  was linear and oscillations were produced only by a nonlinear *investment* curve, the model above would closely resemble Kalecki's explanation of the trade cycle. Indeed Kaldor carried out a comparison between the two models in an appendix to his paper. However, he was perceptive enough to point out that whilst his own system was truly endogenous, Kalecki's dynamics were somewhat artificial, i.e. they arose as a consequence of positing time-lags in investment processes. For Kaldor, in such models

the existence of the cycle was explained as a result of the operation of certain time-lags which prevented the new equilibrium from being reached, once the old equilibrium, for some external cause, had been disturbed. In this sense all these theories may be regarded as being derived from the 'cobweb theorem' (1940:91)<sup>14</sup>.

Although Kaldor sustained a different point of view on the appropriate way to model oscillations, he was aware of the importance of other variables

<sup>14</sup>In addition, Kaldor criticised the fact that in Kalecki's model it must be either assumed or demonstrated, that the impact of current investment on the stock of capital is large enough to allow for the continuous shifting of the investment decision function (D). Otherwise, the process would be heavily damped and convergence would be rapidly achieved.

determining cycles, and also of the limitations of his own model. For instance, with respect to the capacity of his model to represent real-world economic fluctuations, he recognised that although it is plausible to think of the end of a boom, it is less intuitive to explain how a recession comes to an end. In the latter case, he was not unwilling to admit the existence of external factors contributing to the generation of cycles.

#### IV.b. A brief note on Harrod's fundamental equation

Harrod was another economist who criticised dynamic models based on time-lags since, in his opinion, such models were essentially static. Harrod associated them with the econometricians – in a clear allusion to Frisch, whose definition of dynamics had been largely adopted in econometrics<sup>15</sup> – pointing out that in the case of time-lag models, oscillations were produced by the lag itself rather than by mechanisms endogenous to the system. In contrast to seeing dynamics as mere variations taking place between different points in time, Harrod developed a distinct notion in terms of rates of change (i.e. systems where variables were continuously evolving). To put it differently, in Harrod's view dynamics were not caused by the *lag* structure, but depended on the *internal* structure of the model – something that the author called the 'antinomy'<sup>16</sup>.

To explain this 'antinomy' and the way in which endogenous cycles were generated, Harrod also devised a very simple model, based on the multiplier-accelerator mechanism and the discrepancy between (planned) investment and savings. In this fashion he derived his well-known fundamental equation:

$$G_w = s/C \quad [ \text{or: } (\Delta Y/Y) = s / (\Delta Y/\Delta K) ] \quad (14)$$

where:

$G_w$  = warranted rate of growth

$C$  = incremental capital-output relationship ( $\Delta Y/\Delta K$ )

$s$  = fraction of income which is saved

<sup>15</sup> See Harrod (1951:262; par.6) and Besomi (1998:139; Note 1).

<sup>16</sup> Harrod did not reject the role of time-lags a priori, in the same way that he recognised the relevance of the distinction between consumption and capital goods. However, he believed that those factors were of secondary importance, since the fundamental forces determining fluctuations would be in operation even in their absence.

In addition to explaining how the accumulation/decumulation of stocks could affect output (in the usual way), Harrod also showed that for a static equilibrium, the process was essentially unstable. Moreover he conjectured that this instability, together with the variation in the structural values of the fundamental relations ( $C$  and  $s$ ), were responsible for the generation of cycles. Clearly he also had in mind a nonlinear model.

Nevertheless Harrod's model had many flaws. First, he did not provide any satisfactory explanation for the change in ' $s$ ' and ' $C$ ' (as Kaldor did)<sup>17</sup>. Second, the way he formalised his ideas was rather simplistic. As Besomi claims: "Harrod had indeed a nonlinear interpretation of the trade cycle. His mathematics, however, was totally inadequate for dealing with it" (1998:127).

In fact, equation (14) was the object of discussion by several economists after Harrod introduced it (see for instance Baumol 1948, and Alexander 1950). Some of them translated it into a second order linear differential equation, showing its analogy with Samuelson's model. Others transformed the fundamental relation in a first order linear differential equation, which did not exhibit cycles but exponential growth. In spite of Harrod's repeated complaints about such (mis)interpretations of his theory of the trade cycle, his model was to be considered a benchmark in growth theory in the following decades.

#### **IV.c. Hicks's two nonlinearities: the notions of 'ceiling' and 'floor'**

A fundamental contribution to the development of early nonlinear models was J. Hicks's 1950 book, *A Contribution to the Theory of the Trade Cycle*. Essentially, Hicks defended a sort of mid-way position between Harrod's (endogenous) theory and the time-lag vision sustained by most econometricians; i.e. the latter should be regarded, in his opinion, as a complement to the former<sup>18</sup>. In his view, a combination of both approaches represented a likely way to model cycles without relinquishing economic meaning. In particular, Hicks emphasised that the study of cycles should be about a growing economy, not a static one. In his own words:

the econometrists have revealed to us an engine which is capable of inducing general fluctuations... nevertheless... there still seems to be

<sup>17</sup>Baumol (1948) noticed this problem, suggesting that in Harrod's model cyclical behaviour had to be imposed from the outside.

<sup>18</sup>Harrod (1951) acknowledged Hick's mid-way position.

some missing pieces... what one wants to do is so to enlarge the econometricists' model that it takes into account, or can take into account, all the major aspects of the economic process which look like being relevant (1950:6).

Hicks's model actually combined the standard multiplier-accelerator with time-lags in the multiplier process. In short, Hicks thought that fluctuations in investment – caused by changes in autonomous investment, and the acceleration principle governing induced investment – led to an adjustment process taking place throughout many periods, due to lags in the multiplier. Overall, the whole process was believed to be stabilising. So far Hicks encountered the four standard solutions of a higher order linear system: either exponential or cyclical paths, which could be either convergent or explosive.

However, he did not agree with Frisch (and econometricians in general) that the most realistic way to model economic fluctuations was to allow for damped oscillations plus a source of exogenous shocks. On the contrary, he was convinced that this situation was rather rare in the real economy and would only hold under very particular circumstances. He thus concluded that the meaningful solution for his model was not the one yielding damped oscillations, but *the one producing explosive cycles* (because it was a more appropriate representation of the inherent instability described by Harrod).

A straightforward question is, then, how could Hicks account for the fact that real economies do not actually explode in either direction? And the answer is that, in a very clever movement, he ruled out the possibility that his model could explode by introducing two limits, namely a *ceiling* and a *floor*, which forced the system to stay within a certain range of values. The ceiling was given by full employment of resources – which in a growing economy displays an upward trend – whilst the floor reflected the fact that net investment could not be lower than a (negative) amount given by depreciation.

Economic cycles were thus explained by Hicks in the following way. Once the system is disturbed, e.g. as a result of an increase in autonomous investment, output expands in an oscillatory fashion (under the explosive cyclical assumption), until full employment is achieved and therefore the ceiling is hit. The downturn is then inevitable because the difference between the actual level of output and its equilibrium level is narrowing, and thus induced investment is not enough to support such a rate of growth.

Consequently, GDP falls producing ‘disinvestment’ which takes place through a process of wearing-out until gross investment is zero meaning that the floor has been reached<sup>19</sup>. After the system hits the floor, autonomous investment rises, the acceleration principle starts working again and the cycle is restarted (for a thorough discussion see Hicks 1950; Chapter VIII).

**Figure 4**



*Source: based on Hicks (1950) and Goodwin (1950).*

Hence by adding a lag structure to Harrod’s instability principle, Hicks developed his own endogenous model of the limit cycle. The crucial aspect of his model, and the reason why his book represented a fundamental step in the evolution of macrodynamic nonlinear models, was the inclusion by Hicks of two explicit nonlinearities in the investment function. In effect, the addition of the notions of ‘ceiling’ and ‘floor’ determined that output behaved as a piecewise linear function. To put it differently, output would follow an oscillatory path given by a second order linear system, but only between those two (non-fixed) limits. This is nothing but an elementary sort of nonlinear model (Figure 4).

However, Hicks was not aware that his dynamic system was actually nonlinear<sup>20</sup>. To sum up, since the 1930s economists had been trying to model persistent oscillations. Some of them did it using linear models plus exogenous shocks in a rather mechanical way. Others had an intuition that any more realistic explanation of the cycle should account for the endogenous mechanisms producing fluctuations in the economy. This is the case of Kalecki, Kaldor and Harrod’s theories discussed in the previous sections.

<sup>19</sup> One of the main criticisms to Hicks’s adjustment mechanism was that, if it was necessary to wait for all capital to depreciate, the system would spend an unusually long time in recession. In addition, Harrod (1951) pointed out the difficulty in distinguishing autonomous from induced investment.

<sup>20</sup> It was Richard Goodwin who later noticed this feature (see below).

Many aspects remained obscure though. Finally, in 1950, Hicks advanced a detailed explanation of the nature of fluctuations, but one last step was missing for the success to be complete: to find a mathematical expression of the limit cycle.

#### IV.d. Goodwin's mathematical formalisation

Richard Goodwin was the first economist to develop an explicit (mathematical) nonlinear model of the trade cycle. As Kaldor, he became aware throughout his life that the only way to model sustained fluctuations was to use nonlinear functions. In the beginning, and before coming up with his mathematical formalisation of the trade cycle, Goodwin published a few articles using linear models, such as his essay about the flexible accelerator in 1948. However, following the review of Harrod's paper by Tinbergen (1937), where the latter (misleadingly) interpreted Harrod's model as a first order linear differential equation, Goodwin eventually realised the extent to what Harrod's intuition about dynamic instability was a more accurate vision of the dynamics of capitalism.

Goodwin's main objective was to find a way to account for the historical facts characterising *actual* business cycles, in a rigorous and analytic fashion, and taking into account three essential aspects: i) Schumpeterian innovations as the base of growth theory, b) a flexible version of the accelerator, and c) a mathematical representation for a stable equilibrium motion (Goodwin 1982; see especially the Preface).

In order to do this, Goodwin realised that linear dynamic systems did not produce the kind of dynamics he was looking for, and then he devoted himself to study the theory of oscillators. Being far from an expert mathematician himself, he was influenced by his communication with mathematician P. Le Corbeiller who, in the first issue of *Econometrica*, published an article discussing the virtues of employing (relaxation) oscillators in economic models. Equations were of a very simple type:

$$\partial^2 x / \partial t^2 + F(dx/dt) + x = 0 \quad (15)^{21}$$

Goodwin followed several paths in his research on nonlinear dynamics. In 1950, he published a review of Hicks's book on the trade cycle, stating

<sup>21</sup> Two particular cases of equation (15) which are very well known are: 1) the Lord Rayleigh equation:  $F(dx/dt) = \rho[(x^3/3) - (dx/dt)]$ , and 2) the Van der Pol equation:  $F(dx/dt) = \varepsilon(x^2 - b)(dx/dt)$ .

explicitly that Hicks had included two nonlinearities in his model, and supplying a graphical interpretation of the way the model functioned. Goodwin also explored alternative ways to model cyclical behaviour – besides the standard assumptions of time-lags and/or a discrepancy between ex-ante savings and investment. For instance, he considered the possibility that oscillations were caused by changes in income distribution and, in one of his most celebrated articles, “*A growth cycle*” (1967), he framed his theory as a nonlinear predator-prey system leading to a limit cycle.

Another important contribution – and perhaps more in line with the works by other economists discussed above – was Goodwin’s paper on the nonlinear accelerator (1951), where he could summarise fairly well the original idea Hicks had in mind. The model is basically described by the following equations, which look like a continuous version of Samuelson’s (discrete) model:

$$Y = C + dK/dt \quad (16)$$

$$C = \beta(t) + \alpha Y - \varepsilon(dY/dt) \quad (17)$$

$$dK/dt = \delta(t) + \varphi(dY/dt) \quad (18)$$

where  $\beta(t)$  and  $\delta(t)$  stand for autonomous consumption and autonomous investment, respectively. The last term in (17) arises from the fact that the model is continuous rather than discrete, and the last term in (18) is a function describing the behaviour of induced investment, in the following manner:

- a)  $dK/dt = \mu(dY/dt)$  holds for middle ranges of income. In this interval:  $\varphi = \mu(dY/dt)$ , and  $\varphi'(dY/dt) = \mu$  (i.e. this is the acceleration principle)
- b)  $\varphi'(dY/dt) = 0$  holds for (very) low and high income levels, i.e. the accelerator does not operate. Close to the upper limit (full employment), the desired capital stock ( $\xi$ ) exceeds the actual capital stock ( $K$ ), that is  $\xi > K$ , and thus the rate of investment approaches its capacity level  $dK/dt = K'_*$ . Close to the lower limit,  $\xi < K$ , and capital is depleted at the rate  $dK/dt = K'_{**}$ .

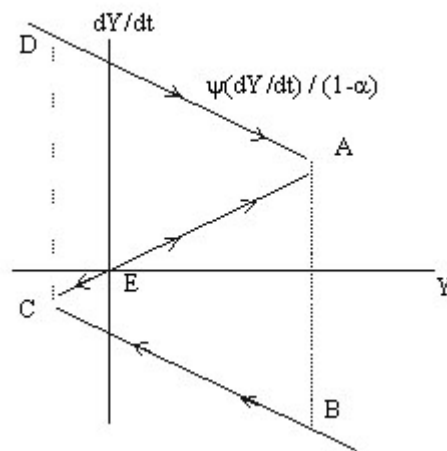
Assuming that the autonomous components equal zero, i.e.  $\beta(t) = \delta(t) = 0$ , and making appropriate substitutions in (16) to (18), it is possible to derive the equation:

$$Y = [\varphi(dY/dt) - \varepsilon(dY/dt)] / (1-\alpha) = \psi(dY/dt) / (1-\alpha) \quad (19)$$

When  $\phi$  is within the range of operation of the standard accelerator, (19) assumes the following particular form:

$$Y = [(\mu - \epsilon) / (1 - \alpha)] (dY/dt) \quad ; \text{ with } \mu > \epsilon \quad (20)$$

Figure 5



Source: Figure 6.5, Goodwin (1982:89).

The dynamic system Goodwin had in mind is shown in Figure 5, and his explanation is as follows<sup>22</sup>. The equilibrium point E (where  $dY/dt=0$ ) is unstable. Any small positive deviation from E will make output to grow – via the accelerator mechanism – in an explosive fashion until point A (representing full capacity and hence, employment) is reached. When the upper limit is hit, capital has been accumulating very fast and  $\xi < K$ ; therefore investment falls at the rate  $K'_{**}$ , producing a discontinuous jump in the rate of growth of output ( $dY/dt$ ) and leading the system to point B. Now income is decreasing towards the lower limit C, where  $\xi > K$  and investment starts to grow at the rate  $K'_*$ , producing another jump this time leading the system to point D. From then on, the system behaves as a closed limit cycle in ABCD.

In a second step, Goodwin re-introduced  $\beta(t)$  and  $\delta(t)$  – the latter denoting Schumpeterian innovation – and then the model did not behave as a closed system any more, but instead, as a cycle continuously shifting to

<sup>22</sup>For a more detailed explanation of the process, see Goodwin (1982:87-90).

the right. This idea of a ‘growth cycle’ was a very original one (and represented a genuine progress in relation to Hicks’s model) because in this way a) the problem of long-lasting recessions was avoided, and b) his model captured a real feature of the economy, namely the fact that in general growth and cycles come together and are indistinguishable from each other.

Nevertheless, Goodwin could not escape (in a sense) the trap of exogeneity. In effect, his growth cycle was triggered by shocks in autonomous investment (i.e. innovations *à-la-* Schumpeter) whose origin was not explained endogenously<sup>23</sup>. Whilst the early linear models relied on exogenous forces to keep cycles alive, Goodwin’s nonlinear model required a kind of shock from the outside, to explain growth cycles and to differentiate each fluctuation from the other. In this sense, early nonlinear macrodynamic models were limited, something that modern supporters of nonlinear dynamics in economics – in possession of more sophisticated tools and theories – have largely recognised<sup>24</sup>.

It is only fair, however, to emphasise how great an achievement it was for economists in the early decades of the twentieth century to be able to think of the notion of a limit cycle and eventually formalise it. The lack of mathematical skills and computing power prevented them from achieving more spectacular successes and, for example, discovering notions such as aperiodic and chaotic behaviour. Goodwin devoted his whole academic life to the study of nonlinear systems and later, in the 1980s, he was one of the first to publish papers on chaos theory and complex systems. He has always been aware of the limitation of nonlinear models though, which is another reason to appreciate his work. For him:

it is not that we can expect any simple, mathematical model to explain the wave-like character of economic history, but rather merely to explain the remarkable fact that there is some degree of uniformity in the otherwise unique course of development (Goodwin 1982:127).

<sup>23</sup> Schumpeter himself has been criticised for failing to provide an endogenous explanation of innovation (see e.g. Witt 1995).

<sup>24</sup> For instance, Day (1994) classifies limit cycles together with the stationary state as ‘simple dynamics’, by contrast to ‘complex dynamics’ which includes dynamic behaviours that are non-periodic, non-balanced and non-convergent.

## **V. CONCLUDING REMARKS: HOW EARLY NONLINEAR MODELS WERE FORGOTTEN BY ECONOMICS**

The main objective of this essay was to offer a systematic overview of the early history of nonlinear modelling in economics. For about twenty years, dynamic models of the business cycle evolved from Frisch's original linear formulation in 1933 to Goodwin's formalisation of the limit cycle in 1951<sup>25</sup>. As shown in sections 2 to 4, nearly all the early nonlinear models included some version of the multiplier-accelerator mechanism, focusing (one way or another) on investment as the main variable explaining fluctuations<sup>26</sup>.

In spite of Goodwin's success in providing a nonlinear theory of cycles, after 1950 progress in economics followed a different path. Economists – with the exception of Goodwin and a few disciples who continued doing research on nonlinear modelling – were not interested in explaining the origin of business cycles any more, and all previous efforts in this direction were virtually abandoned. It is beyond the scope of this paper to provide a thorough explanation of the reason why nonlinear modelling came to a halt, but I do think an evolutionary explanation is in order.

By an evolutionary explanation I mean, essentially, that a group or population is selected as a consequence of changes in the environment<sup>27</sup>. In this case, the 'populations' are given by the different practices in economics, namely nonlinear modelling vs. other types of modelling. The 'environment' in turn, includes all the aspects that could have an impact, at a moment in time, on the way economists deal with problems. For our purposes these aspects include changes in: a) the world economy, b) economic methodology, and c) technology. It is my contention that drastic changes in all the three

<sup>25</sup> An interesting and concise summary of early contributions on the business cycle can be found at the New School's website: <http://cepa.newschool.edu/het/schools/business.htm>

<sup>26</sup> These models did not show a great concern with financial variables and expectations. In fact, around the 1930s there were several studies explaining cycles based on monetary factors. However, it was multiplier-accelerator models that were relevant for the early progresses in nonlinear dynamic modelling.

<sup>27</sup> For a thorough explanation of the evolutionary hypothesis see Lawson (2003, Ch.5). In Chapter 10, the author also uses an evolutionary model to account for a different episode in the history of economic thought, namely the mathematisation of economics over the twentieth century.

aspects constituting the environment in which economists worked during the 1950s, determined the decline in nonlinear modelling and its eventual abandonment.

First of all, the sustained expansion of the world economy following the end of the Second World War together with the vanishing ghost of depression, originated a great interest in the study of growth processes, to the detriment of cycles and recessions. In his *Economics in Perspective*, J.K. Galbraith (1987) quotes from the *Economic Report of the President 1969*:

The nation is now in its 95th month of continuous economic advance. Both in strength and length, this prosperity is without parallel in our history. We have steered clear of the business-cycle recessions which for generations derailed us repeatedly from the path of growth and progress.... No longer do we view our economic life as a relentless tide of ups and downs... a solid foundation has been built for continued growth in the years ahead.

In the same way the Great Depression had encouraged research on economic fluctuations twenty years before, the impressive rates of steady economic growth experienced by the central economies from the 1950s onwards, took the interest of economists away from cycles.

As to the second aspect, i.e. the advances in economic methodology, it is also during these years that econometrics became firmly established in the discipline (Morgan 1991, Christ 1994). Consequently, the construction of large *linear* structural models – whose dynamics were induced by means of time-lags and (exogenous) random shocks – was widely accepted. Given the technology available at the moment, nonlinear models would have been very difficult to estimate. Moreover it was observed that many of those basic linear models produced time-series that performed quite well compared to the actual ones<sup>28</sup>. Finally, on the theoretical side, the growing emphasis on equilibrium and optimising behaviour, contributed to persuade researchers to remain attached to the linear approach on the grounds of simplicity.

There is yet another reason why nonlinear modelling came to an end. The efforts made by early macroeconomists to develop comprehensive models of the trade cycle and to give their ideas a mathematical expression, were truly remarkable. However, they were not totally successful from a formal

<sup>28</sup>E.g. it was shown that a second order autoregressive process provided a reasonably accurate description of US output trends.

point of view because the mathematical training of economists at that turning point in the history of economics, was (of course) not as substantial as it is now. In fact, the case of Samuelson – who found an analytic expression for the four zones delimiting the behaviour of his multiplier-accelerator model –, Frisch – who based his theory of cycles in an analogy with the physical pendulum –, or Goodwin – who worked with nonlinear oscillators –, were exceptions. Most economists were not mathematicians but social theorists, who just endeavoured to systematise the intuitions they had about what was going on ‘out there’, in the real world.

The growing interest in formal modelling that took place during the mid-twentieth century, meant that many of the early macrodynamic models were thus discarded due to their allegedly intuitive rather than formal presentation. In this way the analytical richness implicit in the great theories about the cycle – such as Harrod’s instability principle – was subsequently lost. Had the concern with mathematisation of economics not become so strong, it is likely that a more open and eclectic approach would have ensued. On the other hand, if those pioneering economists had had enough mathematical skills, they would have probably found out ways to develop more interesting models, and many of the notions about complex dynamic systems that are today commonplace – and for which the basis already existed in those years – would have been developed without having to wait until the 1980s. In other words, the radical change from incipient nonlinear, to sophisticated linear stochastic modelling, merely reflected the entirely different interests displayed, and skills possessed, by different generations of economists.

During the last two decades or so, the growing dissatisfaction of economists with (the now traditional) linear models encouraged them to explore new modelling possibilities. In this way, the interest in complex (nonlinear) dynamics has re-emerged, this time stimulated by some promising developments and applications of nonlinear models within different branches of the natural sciences since the late 1960s. However, young economists excited by the new fancy models and computational tools, should keep in mind that nonlinear dynamics has a longer history in economics. This essay is a modest tribute to those who could see beyond their times. Their motivation was also more admirable: they were deeply concerned to understand the world in which they lived.

## VI. REFERENCES

- Alexander S (1950) "Mr. Harrod's dynamic model". *Economic Journal* **60**(240), pp.724-39
- Anderson PW (1988) "A physicist looks at economics: an overview of the workshop". In: PW Anderson, KJ Arrow and D Pines (eds.), *The Economy as an Evolving Complex System*, Addison-Wesley, Redwood City
- Arthur B, Durlauf S and Lane D (1997) *The Economy as an Evolving Complex System II*. Perseus Books, Reading
- Baumol W (1948) "Notes on some dynamic models". *Economic Journal* **58**(232), pp.506-21
- Baumol W and Benhabib J (1989) "Chaos: significance, mechanism and economic applications". *Journal of Economic Perspectives* **3**(1), pp.77-105
- Besomi D (1998) "Failing to win consent: Harrod's dynamics in the eyes of his readers". In: G Rampa, L Stella and AP Thirlwall (eds.), *Economic Dynamics, Trade and Growth: Essays on Harrodian Themes*, Macmillan, Basingstoke
- Bjerkholt O (1995) *Foundations of Modern Econometrics: The Selected Essays of Ragnar Frisch*. Edward Elgar, Cheltenham and Northampton
- Christ CF (1994) "The Cowles Commission's Contributions to Econometrics at Chicago, 1939-1955". *Journal of Economic Literature* **32**(1), pp. 30-59
- Colander D (2000a) *Complexity and the History of Economic Thought*. Routledge, London
- Colander D (2000b) *The Complexity Vision and the Teaching of Economics*. Edward Elgar, Cheltenham and Northampton
- Day RH (1993) "Nonlinear dynamics and evolutionary economics". In: RH Day and P Chen (eds.), op.cit.
- Day RH (1994) *Complex Economic Dynamics*. The MIT Press, Cambridge (MA) and London
- Day RH and Chen P (1993) *Nonlinear Dynamics and Evolutionary Economics*. Oxford University Press, New York and Oxford
- Flaschel P, Franke R and Semmler W (1997) *Dynamic Macroeconomics: Instability, Fluctuation, and Growth in Monetary Economies*. The MIT Press, Cambridge (MA) and London
- Foster J (1997) "The analytical foundation of evolutionary economics: from biological analogy to economic self-organization". *Structural Change and Economic Dynamics* **8**(4), pp.427-51
- Frisch R (1929) "Statics and dynamics in economic theory". Reproduced in: O Bjerkholt (1995), op.cit.

- Frisch R (1933) "Propagation problems and impulse problems in dynamic economics". Reproduced in: O Bjerkholt (1995), op.cit.
- Frisch R and Holme H (1935) "The characteristic solutions of a mixed difference and differential equation occurring in economic dynamics". *Econometrica* **3**(2), pp.225-39
- Galbraith JK (1987) *Economics in Perspective. A Critical History*. Houghton Mifflin, Boston
- Goodwin R (1948) "An oscillatory mechanism with a flexible accelerator". Reproduced in: R Goodwin (1982), op.cit.
- Goodwin R (1950) "A non-linear theory of the cycle". *Review of Economics and Statistics* **32**(4), pp.316-20.
- Goodwin R (1951) "The nonlinear accelerator and the persistence of business cycles". *Econometrica* **19**(1), pp.1-17.
- Goodwin R (1967) "A growth cycle". Reproduced in: R Goodwin (1982), op.cit.
- Goodwin R (1982) *Essays in Economic Dynamics*. Macmillan, London and Basingstoke
- Goodwin R (1994) "A reformulation and extension of Hicksian dynamics". In: H Hagemann and OF Hamouda (eds.), *The Legacy of Hicks: His Contribution to Economic Analysis*. Routledge, London
- Grandmont JM (1987) *Nonlinear Economic Dynamics*. Academic Press, Boston and London
- Harrod R (1939) "An essay in dynamic theory". *Economic Journal* **49**(193), pp.14-33
- Harrod R (1951) "Notes on trade cycle theory". *Economic Journal* **61**(242), pp.261-75
- Hendry D and Morgan M (1995) *The Foundations of Econometric Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge
- Hicks J (1950) *A Contribution to the theory of the Trade Cycle*. Clarendon Press, Oxford
- Kaldor N (1940) "A model of the trade cycle". *Economic Journal* **50**(197), pp.78-92
- Kalecki M (1935) "A macrodynamic theory of business cycles". *Econometrica* **3**(3), pp.327-44
- Kalecki M (1937) "A theory of the business cycle". *Review of Economic Studies* **4**(2), pp.77-97
- Kiel LD and Elliott E (1998) *Chaos Theory in the Social Sciences. Foundations and Applications*. The University of Michigan Press, Ann Arbor
- Lawson T (2003) *Reorienting Economics*. Routledge, London and New York
- Le Corbeiller P (1933) "Les systemes autoentretenus et les oscillations de relaxation". *Econometrica* **1**(3), pp.328-32

- Morgan M (1991) *The History of Econometric Ideas*. Cambridge University Press, Cambridge
- Medio A (1992) *Chaotic Dynamics: Theory and Applications to Economics*. Cambridge University Press, Cambridge
- Mirowski P (1998) "Machine dreams: economic agents as cyborgs". In: JB Davis (ed.), *New Economics and Its History*. Duke University Press, Durham and London
- Mirowski P (2002) *Machine Dreams. Economics Becomes a Cyborg Science*. Cambridge University Press, Cambridge
- Nagatani K (1981) *Macroeconomic Dynamics*. Cambridge University Press, Cambridge
- Perona E (2005) "Ciencias de la complejidad: ¿La economía del siglo 21?". *Documento de Trabajo* N° 22, Departamento de Economía, U.N. Córdoba
- Puu T (1993) *Nonlinear Economic Dynamics*. Springer-Verlag, Heidelberg and New York
- Rosser JB (2004) *Complexity in economics*. Edward Elgar, Cheltenham and Northampton
- Samuelson P (1939) "Interactions between the multiplier analysis and the principle of acceleration". *Review of Economics and Statistics* **21**(2), pp.75-78
- Scheinkman J (1990) "Nonlinearities in economic dynamics". *Economic Journal* **100**(400), Conference Papers, pp.33-48
- Slutzky E (1927) "The summation of random causes as the source of cyclic processes". *Econometrica* **5**(2), pp.105-46
- Thalberg B (1990) "A reconsideration of Frisch's original cycle model". In: K Velupillai (1990a), op.cit.
- Tinbergen J (1937) "(Review of) Harrod, R.F., *The Trade Cycle. An Essay*". *Weltwirtschaftliches Archiv* **45**(3), pp.89-91
- Tvede L (1998) *Business Cycles. The Business Cycle Problem from John Law to Chaos Theory*. Harwood Academic Publishers, Amsterdam
- Velupillai K (1990a) *Nonlinear and Multisectoral Macrodynamics: Essays in Honour of Richard Goodwin*. Macmillan, Basingstoke
- Velupillai K (1990b) "The (nonlinear) life and (economic) times of Richard M. Goodwin". In: K Velupillai (1990a), op.cit.
- Witt U (1995) "Schumpeter vs. Hayek: two approaches to evolutionary economics". In: G Meijer (ed.), *New Perspectives on Austrian Economics*. Routledge, London
- Zarnowitz V (1985) "Recent work on business cycles in historical perspective: a review of theories and evidence". *Journal of Economic Literature* **XXIII**(2), pp.523-80



Revista de Economía y Estadística Vol. XLIII(2) - Año 2005  
Instituto de Economía y Finanzas - Facultad de Ciencias Económicas,  
Universidad Nacional de Córdoba - Argentina

## **Análisis del desempleo urbano a través de un estudio comparativo de métodos de clasificación**

**MARGARITA DÍAZ**

mdiaz@eco.unc.edu.ar

**FERNANDO FERRERO**

fferrero@eco.unc.edu.ar

**CECILIA DÍAZ**

cdiaz@eco.unc.edu.ar

**PATRICIA CARO**

pacaro@eco.unc.edu.ar

**MARÍA INÉS STIMOLO**

mstimolo@eco.unc.edu.ar

Instituto de Estadística y Demografía, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba

### **Resumen**

*Este trabajo propende a identificar los factores de riesgo que inciden en la precariedad laboral de la Población Económicamente Activa. Se adoptó como plataforma informativa la base de datos de la Encuesta Permanente de Hogares, octubre 2002, relevada en las ciudades de Córdoba, Rosario y en el gran Buenos Aires. El efecto de las variables predictoras sobre la condición de actividad del encuestado se estimó a través de los Análisis de Regresión Logística y Árboles de Decisión. Adicionalmente, y*

*a los fines de mejorar la performance de la clasificación obtenida, se aplicaron los métodos de Redes Neuronales y Vecino más Cercano.*

Palabras Claves: Condición de actividad, regresión logística, vecino más cercano, árboles de decisión, encuesta permanente de hogares

Clasificación JEL: C14, C25, J64

### **Abstract**

*This work attempts to identify several risk factors underlying the so called precariousness of the argentinian labour force. To this end it was taken into account the database of the Periodically Household Survey, October 2002, a survey regularly carried out in the cities of Córdoba, Rosario and great Buenos Aires. Final effects of predictive variable over the activity condition of the individual being interviewed were modeled through Logit Regression and Tree Decision Models. Additionally, in order to improving the performance of the estimated classification rules two statistical models were also worked out, say, Neuronal Networks and Nearest Neighbour methods.*

Key words: Semiparametric and Nonparametric Methods, Multivariate Statistical Analysis, Unemployment: Models, Duration, Incidence, and Job Search, Household Data.

JEL classification: C14, C25, J64

## **I. INTRODUCCIÓN**

La utilización del instrumental multivariado se ha convertido en una herramienta prácticamente insustituible cuando se analiza la acción de un conjunto de factores interactuantes y sus efectos en una o más variables de respuesta.

En el análisis del mercado laboral el estudio de la oferta de trabajo plantea requerimientos metodológicos que son específicamente inherentes a las fuentes estadísticas disponibles. La información adscrita a las unidades de análisis provienen de las encuestas de hogares y estudios de tipo socio-

económico donde prevalecen datos medidos sobre la base de escalas nominales y ordinales, a excepción de variables tales como edad, antigüedad en la ocupación, ingresos y número de componentes del hogar.

Este trabajo apunta a un estudio comparativo de los métodos de clasificación supervisada aplicables a esta problemática y resultará de especial utilidad para los investigadores de la Economía Laboral, habida cuenta que el desempleo es uno de los problemas más acuciantes de la sociedad argentina. A este respecto no se puede soslayar el hecho que en la década de los 90 la desocupación abierta registró un aumento considerable y elevó la tasa de desempleo del 13% en 1998 al 19,4% en Octubre del 2002.

Focalizando el análisis en las áreas metropolitanas de Córdoba, Buenos Aires y Rosario, se analizaron los datos de la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) correspondientes a la onda octubre 2002. A los fines de la modelización se aplicaron métodos de clasificación supervisada especialmente indicados cuando las variables predictoras son categóricas: 1) Métodos Parcialmente Paramétricos: Regresión Logística (en sus versiones Binaria, Ordinal y Multinomial y 2) Métodos No Paramétricos, tales como el del Vecino más Cercano y Árboles de Decisión en su versión CHAID. La aplicación de diferentes técnicas a un mismo problema tiene por objetivo analizar la eficacia relativa de los diversos instrumentos del análisis multivariado, al tiempo que permite evaluar y seleccionar aquellos que conduzcan a una mejor descripción del perfil sociodemográfico de desocupados y sub-ocupados.

Si bien en los estudios microeconómicos -realizados a partir de encuestas de hogares- se utiliza frecuentemente la clasificación binaria Ocupado y Desocupado, el deterioro de las condiciones laborales se tradujo sin embargo en la presencia de una alta proporción de personas que trabajan a tiempo parcial o trabajan a tiempo completo pero recibiendo una remuneración muy baja, razón por la cual en esta investigación se optó por segmentar la población económicamente activa en tres grupos: Ocupado, Subocupado y Desocupado, incluyendo en la segunda categoría a las personas ocupadas que trabajan menos de 35 horas semanales o ganan menos de \$200 mensuales.

## **II. FACTORES INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS**

En la selección de variables determinantes de la situación laboral, se han considerado tres dimensiones básicas, a saber: a) datos personales del

encuestado, b) características socio-demográficas del hogar, e c) historia laboral de las personas.

En materia de "Datos Personales", se han considerado *género, edad, estado civil, parentesco con el jefe de hogar y nivel de educación alcanzado*. A este respecto, el género constituye una de las manifestaciones de discriminación laboral que aún perviven en la sociedad argentina ya que se observa una proporción significativamente mayor de mujeres en el estamento desocupados. En cuanto a la edad, caben dos alternativas: 1) la mayor tasa de desocupación está en los jóvenes (hasta 24 años) y 2) existe una composición etaria bimodal en el desempleo, compuesta por dos grupos de riesgo ubicados en los extremos de la edad activa (hasta 24 años y más de 50 años).

Por lo que se refiere al *estado civil*, se clasificó a las personas en dos categorías, según tuviesen o no pareja, esperándose mayor riesgo de precariedad laboral para los segundos. Igual tratamiento se realizó en materia de *parentesco*, dividiéndolos en jefes y no jefes de hogar, toda vez que la jefatura de hogar juega un papel muy importante en el estado ocupacional de las personas. En la literatura consultada se considera que los trabajadores secundarios (no jefes) tienen mayores dificultades para conseguir empleo. Por último, el principal indicador del capital humano es la *educación*, ya que cuanto menor sea el nivel educativo, mayor será la chance de tener un empleo precario o estar desocupado.

En otro orden, para la dimensión "Características del hogar", se han considerado los indicadores *tamaño del hogar y Necesidades Básicas Insatisfechas (condición de NBI)*. Con relación a la primera, se supone que las personas económicamente activas que tienen a su cargo un mayor número de integrantes del hogar, realizarán un esfuerzo mayor que los que no están en igual situación, razón por la cual los primeros exhibirán un menor porcentaje de desocupación. Por otra parte es razonable suponer que las personas que habitan en hogares con NBI tendrán una mayor probabilidad de pertenecer al estrato de desocupados.

Finalmente, en la dimensión "Historia Laboral", se incluyeron dos variables que reflejan experiencia laboral, *categoría ocupacional y rama de actividad*, ambas referidas a su último empleo. Respecto a la primera, se supone que los trabajadores con empleo formal son menos vulnerables que los trabajadores por cuenta propia. Por otro lado, el proceso de apertura y liberalización de la economía, implementado en la década del 90, ha castigado más fuertemente a determinadas ramas productivas, entre las que se cuentan la industria y la construcción.

### III. MÉTODOS APLICADOS

Para abordar problemas con predictores categóricos se han desarrollado métodos parcialmente paramétricos, entre los cuales el más popular es la *regresión logística*. Con este enfoque, sólo se modela el cociente de densidades, sin asumir una forma funcional específica, requiriendo sólo linealidad para el logaritmo del cociente de densidades (McLachlan, 1992).

Los métodos *no paramétricos* no establecen ningún supuesto acerca de las densidades condicionales a los grupos. Entre ellos, el más aplicado es el *Vecino más Cercano*, que estima la probabilidad condicional de que un elemento pertenezca a un grupo determinado, a través de la proporción de puntos o casos próximos a dicho elemento que corresponden a ese grupo.

El otro método aplicado, es un método recursivo conocido como *Árboles de Decisión*, que generalmente representa una serie de preguntas binarias consecutivas y es construido por divisiones repetidas de subconjuntos en subconjuntos descendentes.

#### III.1. Regresión Logística Ordinal y Multinomial

Este modelo supone que el logaritmo del cociente de densidades es lineal. En el caso binario, la variable respuesta  $Y$  asume los valores (0, 1) y dicho logaritmo se expresa de la siguiente manera:

$$\ln \left\{ \frac{f_1(\mathbf{x})}{f_0(\mathbf{x})} \right\} = \beta_0 + \beta' \mathbf{x}, \quad (1)$$

donde  $f_j(\mathbf{x})$  representa la función de probabilidad para el grupo  $j$  ( $j = 0, 1$ ).

Una observación es asignada al grupo 1, que simbolizamos  $G_1$ , si se cumple que  $\beta_0 + \beta' \mathbf{x} \geq \ln \frac{\pi_0}{\pi_1}$ , donde  $\pi_j$  ( $j = 0, 1$ ) representa la proporción poblacional de cada grupo, por lo que  $\pi_0 + \pi_1 = 1$ . Las probabilidades a posteriori de pertenencia a los grupos son<sup>1</sup>:

$$P(Y = 1 / \mathbf{x}) = \frac{\pi_1 f_1(\mathbf{x})}{\pi_0 f_0(\mathbf{x}) + \pi_1 f_1(\mathbf{x})} = \frac{e^t}{1 + e^t} \quad (2)$$

<sup>1</sup> Aplicando el Teorema de Bayes y operando.

$$pr(Y = 0 / \mathbf{x}) = \frac{\pi_0 f_0(\mathbf{x})}{\pi_0 f_0(\mathbf{x}) + \pi_1 f_1(\mathbf{x})} = \frac{1}{1 + e^z} \quad (3)$$

por lo que se arriba a que el logaritmo del cociente de probabilidades es lineal,

$$\ln \frac{pr(Y = 1 / \mathbf{x})}{pr(Y = 0 / \mathbf{x})} = z \quad \text{siendo } z = \beta_0 + \beta' \mathbf{x} \quad (4)$$

Para interpretar los coeficientes en una regresión logística es necesario definir la ecuación obtenida de una manera más conveniente, expresando el modelo en términos de las chances de que un evento ocurra, y ello se obtiene exponenciando la expresión (4).

$$\frac{pr(Y = 1 / \mathbf{x})}{pr(Y = 0 / \mathbf{x})} = e^z \quad (5)$$

De esta manera, las chances que un evento ocurra (odds) quedan definidas como el cociente entre la probabilidad de que el evento ocurra ( $Y = 1$ ) y la probabilidad de que no ocurra ( $Y = 0$ ). Los coeficientes estimados se interpretan como el cambio en el logaritmo del odds por un cambio unitario en la variable independiente asociada, permaneciendo las demás variables constantes. El cociente de odds para una variable independiente dicotómica, indica en cuánto aumenta (o disminuye) la chance que se presente el evento entre los individuos que pertenecen a una categoría, en relación con la categoría de referencia. Este cociente se puede extender a variables independientes politómicas tomando una de las categorías como referencia.

En el modelo logístico con  $g$  grupos, se elige uno de ellos como base, razón por la cual la expresión (1), considerando como base el  $g$ -ésimo grupo, se generaliza de la siguiente manera:

$$\ln \left\{ \frac{f_j(\mathbf{x})}{f_g(\mathbf{x})} \right\} = \beta_{0j} + \beta_j' \mathbf{x} \quad j = 1, 2, \dots, g-1 \quad (6)$$

La probabilidad a posteriori para cada uno de los grupos se obtiene haciendo

$$pr(Y = j / \mathbf{x}) = \frac{e^{z_j}}{\sum_{j=0}^{g-1} e^{z_j}} \quad j = 1, 2, \dots, g-1 \quad \text{donde } z_0 = 0 \quad (7)$$

Si la variable respuesta asume  $g$  valores y es de naturaleza ordinal, se puede aplicar el *Modelo de Regresión Ordinal*, en el que se establece una de las categorías de  $Y$  como grupo base (generalmente la última) y se obtienen  $g-1$  funciones que difieren sólo en la constante. La naturaleza ordinal de la respuesta permite obtener las probabilidades acumuladas representadas por  $\gamma_j$  de conformidad a la siguiente tabla.

Categoría	1	2	...	$g$
Prob. Categoría	$\pi_1 = \text{pr}(Y=1)$	$\pi_2 = \text{pr}(Y=2)$	...	$\pi_g = \text{pr}(Y=g)$
Prob. Acumulada	$\gamma_1 = \text{pr}(Y=1)$	$\gamma_2 = \text{pr}(Y \leq 2)$	...	$\gamma_g = 1$

En el modelo propuesto por Mc Cullagh y Nelder (1989), la expresión del logit (4) para las probabilidades acumuladas es la siguiente:

$$\text{Log} \frac{\gamma_j}{1-\gamma_j} = \beta_{0j} - \beta' \mathbf{x} \quad (8)$$

Esta expresión supone que existe una variable<sup>2</sup> no observable  $L$ , con distribución logística y media  $\beta' \mathbf{x}$ , relacionada con la respuesta de acuerdo a la siguiente regla:

$$Y = j \text{ si } \beta_{0(j-1)} < L \leq \beta_{0j} \quad j = 1, 2, \dots, g-1 \quad (9)$$

Así, integrando las relaciones introducidas en el modelo ordinal, la probabilidad acumulada a posteriori  $\gamma_j = \text{pr}(Y \leq j) = \text{pr}(L \leq \beta_{0j})$  se puede expresar como:

$$\gamma_j = \frac{e^{z_j}}{1+e^{z_j}}, \quad \text{siendo } z_j = \beta_{0j} - \beta' \mathbf{x} \quad (10)$$

Tal como se advierte en la expresión de  $z_j$ , un coeficiente positivo disminuye la probabilidad de la primera categoría, aumentando la de la categoría de referencia.

Para probar si es correcto el supuesto de líneas paralelas se utiliza el estadístico  $G$ , que supone pendientes iguales a título de hipótesis nula ( $H_0: \beta_1 = \beta_2$ ). En esta prueba se compara la verosimilitud obtenida bajo el modelo restringido por  $H_0$  (coeficientes iguales) con la que resulta en un modelo no restringido (modelo Multinomial):  $-2 \ln L_0 - 2 \ln L_1 : \chi^2$ . Bajo hipótesis nula, el estadístico Chí-Cuadrado se distribuye con  $(g-2)p$  grados de libertad.

<sup>2</sup>La variable latente es denominada Tolerancia en aplicaciones biológicas y Utilidad en economía.

### III.2. Árboles de Decisión

En la actualidad se advierte un proceso sostenido de aceptación y utilización de los denominados Árboles de Decisión, sobre todo en aquellos problemas donde se trata de particionar conjuntos de datos e identificar sus estructuras subyacentes. También han quedado comprobadas sus ventajas en problemas de clasificación supervisada, ya se trate de pequeños o grandes conjuntos de datos.

En la operatoria de estos modelos se entiende que la clasificación es una partición del espacio de mediciones  $X$  (que incluye todo el conjunto posible de estados del vector de predictores) en  $J$  subconjuntos disjuntos.

El algoritmo aplicado al presente conjunto de datos, CHAID (Detección de interacción automática Chi-cuadrado) es una técnica estadística muy eficiente para segmentar o generar árboles. Presentada y desarrollada por Kass (1980), utiliza como criterio la significación de un contraste estadístico, evaluando todos los valores de una variable predictora potencial. Reúne además los valores considerados estadísticamente homogéneos respecto de la variable criterio y conserva inalterados todos los valores que resulten distintos (no homogéneos). Luego selecciona la mejor variable predictora para formar la primera rama del árbol de decisión, de forma que cada nodo esté compuesto por un grupo de valores homogéneos de la variable seleccionada y así se continúa hasta desarrollar por completo el árbol. La prueba estadística utilizada cuando la variable criterio es categórica es la Chi-cuadrado. Este algoritmo incorpora un procedimiento secuencial de reunión de los individuos que conforman la base de datos cuando un par de categorías del predictor (tabla  $2 \times k$ ) no presenta asociación con la variable criterio y de división cuando están relacionadas.

### III.3. Estimación de la tasa de error

Las reglas de decisión o las funciones clasificadoras derivadas a partir de los datos, permiten obtener una estimación de la probabilidad condicional de cada clase en particular, fijado el vector de mediciones que corresponde a un elemento.

Si sólo hay dos clases, el espacio se particiona en dos regiones mutuamente excluyentes  $R_1$  y  $R_2$ . Si  $x \in R_1$  la observación se clasifica como  $G_1$  y en caso contrario se clasifica como  $G_2$ . En cualquier caso, siempre se puede cometer el error de asignación a una categoría incorrecta.

Entre las estimaciones de la tasa de error se encuentra la *Tasa de error aparente*, que consiste en establecer la proporción de objetos de la muestra que fueron mal clasificados. Esta tasa subestima considerablemente la verdadera *tasa de error condicional*, ya que reclasifica los elementos de la muestra con la regla determinada a partir de ellos mismos.

Una forma de corregir el sesgo de la tasa aparente consiste en aplicar el denominado Método Holdout, una técnica que permite probar el modelo con otro conjunto de datos. Para ello se subdividen los datos disponibles en dos partes independientes: una de ellas (*muestra de entrenamiento*) se utiliza para desarrollar la regla de clasificación que es aplicada al segundo grupo, generalmente designado como *muestra test*. Al obtener la proporción de objetos mal clasificados, permite verificar la precisión del modelo desarrollado con la muestra de análisis.

Otra alternativa es calcular la llamada tasa *cross-validada*, que se obtiene siguiendo los siguientes pasos: 1) se omite cada vez una observación del conjunto de datos; 2) recálculo de la regla de predicción sobre la base de las restantes n-1 observaciones; 3) utilización de la regla para clasificar la observación omitida y 4) se calcula la proporción de errores que se cometieron con este procedimiento.

#### **IV. RESULTADOS OBTENIDOS**

En esta sección se analizan detallada y críticamente los resultados obtenidos con los modelos estimados aplicando Regresión Logística y Árboles de Decisión. Las otras técnicas utilizadas, Vecino más Cercano y Redes Neuronales, sólo permiten estimar las tasas de error, las que se presentan en la sección V conjuntamente con la comparación de la performance alcanzada por todos los métodos <sup>3</sup>.

La variable respuesta es la condición de actividad, que distingue Ocupados, Subocupados y Desocupados. En la Tabla 1 se presentan las variables predictoras seleccionadas en el análisis.

<sup>3</sup> Para el procesamiento se utilizaron los siguientes paquetes estadísticos: Regresión Logística: paquete estadístico SPSS 11.5, Árboles de decisión: paquete estadístico Answer Tree de SPSS, Redes Neuronales: subrutinas del paquete matemático MATLAB, Vecino más cercano: paquete estadístico SAS.

**Tabla 1**  
**Variables Predictoras Seleccionadas**

<i>A) Variables Numéricas</i>	
Edad	años cumplidos
Personas en el hogar	Cantidad de habitantes en el hogar
<i>B) Variables Categóricas</i>	
Sexo	1- Mujer 2- Varón
Estado civil	1- Sin pareja 2- Con pareja
Parentesco	1- No Jefe 2- Jefe
Nivel de instrucción	1- Sin educación - Primario incompleto 2- Primario completo - Secundario incompleto 3- Secundario completo - Terciario incompleto 4- Terciario completo
Localidad	1- Córdoba 2- Gran Buenos Aires 3- Rosario
Categoría ocupacional	1- Patrón o empleador 2- Trabajador por su cuenta 3- Obrero o empleado
Condición NBI	1- Con NBI 2- Sin NBI
Rama de actividad	1- Industria 2- Construcción 3- Comercio 4- Servicios comunales - Administración. Pública 5- Otras ramas

#### **IV.1. Resultados de la Regresión Logística**

Una vez analizadas la pertinencia de las variables a incluir en la regresión logística y formalizado un minucioso estudio previo de sus contribuciones individuales, se prosiguió con la construcción de las escalas

para las variables intervalares (*Edad* y *Personas en el hogar*) y el agrupamiento de categorías adyacentes para las nominales. A este respecto, es oportuno señalar que todas las variables, excepto *Localidad*, están asociadas con la condición de actividad, razón por la cual se optó por excluir esta última del modelo multivariado.

Para la variable *Edad* se consideró que el agrupamiento apropiado es dicotomizar sus valores en dos categorías: a) hasta 26 años y b) más de 26 años, en tanto que para la otra variable numérica (*Personas en el hogar*) el agrupamiento más conveniente resultó: a) hogares con 3 personas o menos, b) hogares con 4 o 5 personas y c) hogares con 6 o más personas.

En relación con las variables categóricas, la única que se modifica para la obtención del modelo es *Categoría Ocupacional*, agrupando las dos primeras categorías. De ese modo, se utilizó una variable con dos modalidades: a) trabajador independiente y b) trabajador en relación de dependencia.

En una primera etapa se adaptó el Modelo Logístico Ordinal, que estima dos funciones que sólo difieren en la constante. No es oportuno detenerse en el análisis de los resultados ya que se rechaza la hipótesis de líneas paralelas, que supone igualdad de coeficientes de los predictores de las dos funciones binarias, esto es: 1) Desocupado versus Ocupados y 2) Subocupados versus Ocupados, resultando apropiado la aplicación del Modelo Logístico Multinomial.

Asimismo, se consideró adicionalmente la incorporación de algunas interacciones juzgadas pertinentes en esta aplicación, tales como *Edad* y *Jefatura de hogar* (Int. 1), *Edad* y *Sexo* (Int. 2), *Sexo* y *Estado Civil* (Int. 3), *Estado Civil* y *Jefatura de hogar* (Int. 4), *Edad* y *Estado Civil* (Int. 5) y *Jefatura de hogar* y *Sexo* (Int. 6). Conforme a los resultados consignados en la Tabla 2, donde se muestran los resultados de los test de la razón de verosimilitud (G) sólo las dos primeras resultaron significativas ( $p < 0.05$ ) mas no así las restantes. Cabe apuntar que estas pruebas estadísticas comparan el modelo con cada interacción versus el modelo que contiene sólo los efectos principales (M1). El modelo que incluye las dos interacciones es comparado primero con M1 siendo su diferencia significativa, y luego con M2, que incluye sólo la primera interacción, resultando en este caso no significativa. En conclusión, como modelo final se adopta el que contiene los efectos principales y la interacción *Edad* y *Jefatura de hogar*.

**Tabla 2**  
**Test de la Razón de Verosimilitud (G) para Interacciones Significativas**

Cód.	Modelo	-2 log de la verosimilitud	Modelo de referencia	G	gl	Sig.
	Términos					
M1	Efectos Principales	3642.25	M1			
M2	M1 más Int. 1	3632.14	M1	10.1	2	0.006
M3	M1 más Int. 2	3635.64	M1	6.61	2	0.037
M4	M1 más Int.1 e Int.2	3628.52	M1	13.73	4	0.008
			M2	3.62	2	0.163

En la Tabla 3 se muestran los cocientes de odds y los intervalos de confianza de los coeficientes que resultaron significativos.

**Tabla 3**  
**Cocientes de Odds e Intervalos de Confianza para los parámetros significativos**

Condición de actividad	Exp( $\beta$ )	Intervalo de confianza al 95% para Exp( $\beta$ )	
		Límite inferior	Límite superior
Desocupados	[SEXO=Mujer]	1.670	1.359 2.054
	[ESTADO CIVIL=Sin pareja]	1.917	1.568 2.345
	[JEF. DE HOGAR=No jefe]	1.575	1.252 1.981
	[EDUCACION=Prim.Incompleto]	2.634	1.725 4.022
	[EDUCACION=Sec. Incompleto]	2.236	1.657 3.018
	[RAMA=Construcción]	2.730	2.007 3.714
	[RAMA= Adm. Pública]	.654	.501 .853
	[NBI=Sí]	2.036	1.673 2.477
	[PERS.EN EL HOGAR=4 o 5]	1.350	1.061 1.719
	[CAT. OCUPACIONAL=Indep.]	1.316	1.066 1.623
[J. HOGAR=No jefe]*[EDAD=H 26]	1.968	1.112 3.482	
Subocupados	[SEXO= Mujer]	2.167	1.768 2.656
	[ESTADO CIVIL= Sin pareja]	1.476	1.215 1.792
	[JEF. DE HOGAR= No jefe]	1.463	1.173 1.825
	[EDUCACION=Prim.Incompleto]	6.160	4.235 8.961
	[EDUCACION=Sec. Incompleto]	3.154	2.395 4.152
	[RAMA=Industria]	.618	.457 .834
	[RAMA=Comercio]	.625	.489 .798
	[RAMA= Adm. Pública]	1.960	1.564 2.455
	[NBI=Sí]	1.359	1.119 1.652
	[EDAD=Hasta 26]	1.844	1.224 2.779
	[PERS.EN EL HOGAR=Hasta 3]	.763	.595 .979
	[CAT. OCUPACIONAL= Indep.]]	2.291	1.876 2.799

## IV.2. Factores condicionantes del desempleo

Basado en las características personales de los individuos y bajo el supuesto de permanencia de los demás factores interactuantes, el análisis de los coeficientes estimados en el modelo de regresión muestra que las chances de desocupación son un 67% más alta en mujeres que en los varones. En relación con el *nivel de educación* no se observan diferencias significativas entre quienes sólo han completado el secundario y los que alcanzaron el título terciario/universitario. Sin embargo, al descender en el nivel de educación formal, el cociente de chances se incrementa notablemente para aquellos que sólo han alcanzado un nivel de estudios inferior a secundario completo. Así, en la comparación de las categorías "primario incompleto" y "terciario completo", ese cociente es igual a 2.6, relación que disminuye levemente al contrastar "hasta secundario incompleto" (cociente de chances igual a 2.2).

Por sí misma, la edad no tiene un peso significativo en la desocupación, a menos que se la tome en cuenta asociada a la *condición de parentesco*. El no ser jefe de hogar es un factor de riesgo de desocupación en los dos grupos de edad, mientras que la edad menor a 26 años aparece como una dificultad para encontrar empleo entre quienes no son jefes de hogar.

Desde otra perspectiva y por lo que se refiere al *estado civil*, las personas sin pareja tienen un 90% más de chances de desempleo que aquellos que tienen pareja. Asimismo, quienes viven en hogares de tamaño mediano (4 a 5 personas), tienen mayor probabilidad de estar desocupados que quienes habitan en hogares con más de 6 componentes. Finalmente, resulta perceptible el efecto negativo de vivir en un *hogar con NBI*, toda vez que ello aumenta un 100% las chances de desocupación.

Con respecto a los indicadores de la historia laboral, y específicamente en lo atinente a la *rama de ocupación* (para el último empleo en el caso de desocupados), la mayor probabilidad de ser desocupado la tienen quienes trabajaban en la rama de la construcción. Por el contrario, el trabajar en la administración pública reduce la frecuencia de desocupación. El otro indicador de la historia laboral es la *categoría ocupacional*, y tal como era de esperar, el ser trabajador independiente aumenta las chances de desempleo en un 30%, con respecto a los que trabajan en relación de dependencia.

Jerarquizando el efecto de los determinantes del desempleo, resulta claro que los de mayor impacto lo constituyen el haber trabajado en la rama

de la construcción, en segundo lugar el nivel educativo, seguido luego por la condición de vivir en hogares con NBI, no tener pareja, no ser jefe de hogar y tener menos de 26 años.

El análisis anterior puede efectuarse también calculando las probabilidades de desocupación según distintas características socio-económicas de las personas. Esas probabilidades se muestran en la tabla siguiente, en la cual el individuo definido como referencia tiene estudios terciarios completos, vive con pareja en un hogar sin NBI, es jefe del hogar y trabajar en una ocupación ubicada en la categoría otras ramas de actividad. A partir de ese patrón, se cuantificó el incremento en las probabilidades del desempleo a medida que se incorporan sucesivamente los factores de riesgo de desempleo.

**Tabla 4**  
**Probabilidades de desocupación por sexo**

	Varón	Mujer
Individuo de referencia	0.06	0.10
Primario Incompleto	0.15	0.23
Hogar con NBI	0.27	0.38
Sin pareja	0.41	0.38
No Jefe de hogar	0.53	0.65
Rama Construcción	0.75	

### IV.3. Factores condicionantes del subempleo

El modelo desarrollado para esta partición de la muestra señala que el bajo nivel de educación es el factor que más impacto tiene en el subempleo, toda vez que la frecuencia de subempleo es 6 veces más alta entre personas con estudios primarios incompletos que entre aquellos que han completado el nivel terciario. A su vez, para aquellos que realizaron estudios secundarios (aunque sin completarlos), las chances descienden a la mitad.

Asimismo, el ser mujer o tener menos de 26 años también constituyen factores de riesgo. A diferencia del modelo anterior, la *edad* considerada como efecto principal juega un papel importante, ya que entre los menores de 26 años se duplica el riesgo de subocupación.

Cabe consignar que en este modelo particular disminuyen la incidencias de las características del hogar, con efectos similares para *estado civil*, *jefatura de hogar* y *hogares con NBI*. También es diferente la incidencia de

la *rama de actividad*, ya que se manifiesta una fuerte subocupación en las personas que trabajan en la administración pública, en tanto que pertenecer al sector Industria y Comercio reduce la chance de subempleo. La posición trabajador independiente señala un mayor efecto en el subempleo que en el desempleo.

Ordenando el efecto de los determinantes del subempleo de acuerdo a su importancia, en primer lugar se destaca el nivel educativo, seguido por el hecho de ser trabajador independiente, ser mujer y trabajar en la administración pública.

#### **IV.4. Resultados del método de árboles de decisión**

Tomando las escalas para las variables intervalares y nominales descritas en el punto anterior, el árbol resultante con la variable criterio Multinomial (tres categorías) no fue eficiente, ya que arroja elevados errores de clasificación. En una segunda etapa del análisis, se desarrollaron dos árboles, a saber: Desocupados/Ocupados y Subocupados/Ocupados, cuyos análisis se exponen a en los puntos siguientes.

##### *IV. 4.1. Árbol resultante del análisis Ocupados-Desocupados (Figura 1 - Anexo)*

Conforme a modalidades que son propias de este método, la primera división del árbol se realiza a partir de la variable *condición de parentesco*, de tal manera que la categoría no jefe de hogar aparece con mayores probabilidades de desocupación (37%).

Asimismo, los jefes de hogar se segmentan según la *rama de actividad* en la que trabajan, y se observa que quienes lo hacen en industria, comercio o servicios comunales y sociales exhiben mayores posibilidades de aparecer ocupados (81% y 89% respectivamente). Inversamente, los jefes de hogar que trabajan en el sector construcción muestran un elevadísimo porcentaje de desocupación, que llega al valor del 50%.

En una instancia ulterior de segregación, los que trabajan en la construcción y en el área de servicios comunales se clasifican según el *nivel de educación*. Para los primeros, los que ostentan niveles de educación en los extremos, es decir, altos y bajos, tienen mayor probabilidad de estar ocupados, ya que unos se desempeñarán en los niveles de dirección o profesional y los otros en las tareas menos calificadas, mientras que los que poseen una formación media tienen más probabilidad de estar desocupados en esta rama

de actividad (59%). Para los que trabajan en el área de servicios comunales y sociales, el porcentaje de ocupación es alto para cualquier nivel de educación, destacando que quienes alcanzaron un nivel alto de capacitación están ocupados en un 94%. En la industria y el comercio los miembros de la PEA se clasifican según el sexo, apareciendo con mayores probabilidades de desocupación las mujeres (35%).

Para el grupo de los No Jefes, el árbol tiene dos brazos, a saber: a) los que tienen NBI y b) los que no tienen dicha condición. Los primeros se clasifican según el número de personas en el hogar, siendo los que pertenecen a hogares más numerosos los que tienen más probabilidad de estar desocupados. Por su parte, los que no tienen NBI se dividen según el *estado civil*, pudiéndose advertir que quienes viven en pareja presentan un mayor porcentaje de ocupación (89%), lo cual permite confirmar la hipótesis de que estas personas realizan esfuerzos mayores para lograr una ocupación.

En resumen, se detectaron 11 clases (Tabla 5) ordenadas por riesgo decreciente de desocupación y en la Tabla 5 se muestran los nodos ordenados según la proporción de desocupados.

**Tabla 5**  
**Clases en el Análisis Ocupados - Desocupados**

Clase 1	No Jefes con NBI con 4 o 5 personas en el hogar
Clase 2	Jefes que trabajan en la construcción y que tienen nivel de instrucción medio
Clase 3	No Jefes con NBI con 6 o más personas en el hogar
Clase 4	Jefes que trabajan en la construcción y que tienen nivel de instrucción bajo o alto
Clase 5	No Jefes sin NBI y sin pareja
Clase 6	Jefes Mujer que trabajan en la industria, comercio u otra rama
Clase 7	No Jefes con NBI con 1 a 3 personas en el hogar
Clase 8	No Jefes sin NBI y con pareja
Clase 9	Jefes que trabajan en servicios comunales y sociales y que tienen nivel de instrucción bajo o medio
Clase 10	Jefes Varón que trabajan en la industria, comercio u otra rama
Clase 11	Jefes que trabajan en servicios comunales y sociales y que tienen nivel de instrucción alto

**Tabla 6**  
**Cuadro de Ganancia en el Análisis Ocupado - Desocupado**

Clase	Tamaño del nodo	% que representa cada nodo	Cantidad de desocupados en cada nodo	Distr. de desocupados en %	% que representa los desocupados en el nodo	Índice*
Clase 1	169	5,82	109	13,13	64,50	225,58
Clase 2	108	3,72	64	7,71	59,26	207,26
Clase 3	178	6,13	95	11,45	53,37	186,67
Clase 4	77	2,65	29	3,49	37,66	131,73
Clase 5	549	18,91	195	23,49	35,52	124,23
Clase 6	136	4,68	48	5,78	35,29	123,44
Clase 7	57	1,96	20	2,41	35,09	122,72
Clase 8	382	13,16	76	9,16	19,90	69,59
Clase 9	133	4,58	24	2,89	18,05	63,11
Clase 10	934	32,17	159	19,16	17,02	59,54
Clase 11	180	6,20	11	1,33	6,11	21,37
	3013	100,00	940	100,00		

*\*relación de % de desocupados en cada nodo respecto al % en el total de la muestra*

Analizando el cuadro anterior, se advierte que cuando el índice presentado en la última columna supera el 200%, tal como ocurre en las clases 1 y 2, la proporción de desocupados duplica el porcentaje de esa categoría en la muestra total. Es decir, que las clases "No jefes con NBI, con 4 o 5 personas en el hogar" (Índice 225,58), "Jefes que trabajan en la construcción y que tienen nivel de instrucción medio" (Índice 207,26) representan los grupos de mayor riesgo. En el otro extremo, los "Jefes que trabajan en servicios comunales y sociales y que tienen nivel de instrucción alto", que componen la clase 11, corresponden al grupo de menor riesgo, con un porcentaje de desempleo del 6,11%, el que representa sólo un quinto del valor de la muestra total.

#### IV.4.2. *Árbol resultante del análisis Ocupados-Subocupados (Figura 2 - Anexo)*

En este segundo esquema clasificatorio, la primera división del árbol se realiza a partir de la variable sexo, algo que en principio estaría sugiriendo que las mujeres tienen más probabilidad de estar subempleadas que los hombres. A su vez, los varones se clasifican según su *categoría ocupacional* y allí se puede observar que para el grupo patrones o empleadores se ha alcanzado lo que se denomina "pureza", lo que convierte a este segmento demográfico en nodo terminal. En este grupo, prácticamente la totalidad de sus miembros son ocupados, mientras que los nodos que identifican a los trabajadores cuentapropistas y obrero o empleado pueden todavía aceptar otras divisiones.

Los cuentapropistas se segmentan según la *edad*, siendo los más jóvenes los que tienen mayores probabilidades de estar subocupados. Por otra parte, los que tienen una ocupación en relación de dependencia se clasifican por la *rama de actividad* de la empresa en la que trabajan. Los agrupados en esta última segmentación presentan las más altas probabilidades de empleo y por consiguiente mayores horizontes de estabilidad en la ocupación.

Analizando la rama del árbol que corresponde a las mujeres, la condición de ocupación o subocupación depende del *nivel de instrucción*. En tal sentido, las que presentan menor nivel educacional tienen mayores probabilidades de estar subocupadas, constituyéndose de este modo en un nodo terminal.

Por otra parte, las que poseen mejor formación educativa pueden clasificarse a su vez según la *rama de actividad*, pero en casi todas las ramas las mujeres con nivel de instrucción alto tienen más posibilidades de estar ocupadas, es decir, no necesitan buscar otro trabajo, siendo las únicas excepciones aquéllas que han alcanzado el nivel medio y trabajan en servicios comunales, grupo para el que el nivel de subocupación es del 67%. La Tabla 7 resume las clases que se detectaron en el análisis y en la Tabla 8 se ordenan los nodos según la proporción de subocupados, es decir, permite saber qué subgrupo de personas tiene mayores probabilidades de ser clasificado como tal.

**Tabla 7**  
**Clases en el Análisis Ocupado - Subocupado**

Clase 1	Mujeres sin instrucción o primario incompleto
Clase 2	Mujeres con primario completo o secundario incompleto que trabajan en servicios comunales o sociales u otra rama
Clase 3	Varones que trabajan por su cuenta menor de 26 años
Clase 4	Mujeres con primario completo o secundario incompleto que trabajan en la industria, construcción o comercio
Clase 5	Mujeres con alto nivel de instrucción que trabajan en servicios comunales o sociales
Clase 6	Varones que trabajan por su cuenta de 26 años o más
Clase 7	Varones obrero o empleado que trabajan en construcción o servicios comunales o sociales
Clase 8	Mujeres con alto nivel de instrucción que trabajan en la industria, construcción, comercio u otra rama
Clase 9	Varones obrero o empleado que trabajan en comercio
Clase 10	Varones obrero o empleado que trabajan en industria u otra rama
Clase 11	Varones con categoría ocupacional patrón u empleador

**Tabla 8**  
**Cuadro de Ganancia en el Análisis Ocupado - Subocupado**

Clase	Tamaño del nodo	% que representa cada nodo	Cantidad de subocupados en cada nodo	Distr. de subocupados en %	% que representa los subocupados en el nodo	Índice*
Clase 1	82	2,72	61	6,49	74,39	238,44
Clase 2	254	8,43	169	17,98	66,54	213,27
Clase 3	72	2,39	47	5,00	65,28	209,24
Clase 4	128	4,25	53	5,64	41,41	132,72
Clase 5	288	9,56	108	11,49	37,50	120,20
Clase 6	444	14,74	159	16,91	35,81	114,79
Clase 7	419	13,91	136	14,47	32,46	104,04
Clase 8	357	11,85	73	7,77	20,45	65,54
Clase 9	268	8,89	50	5,32	18,66	59,80
Clase 10	620	20,58	79	8,40	12,74	40,84
Clase 11	81	2,69	5	0,53	6,17	19,79
	3013	100,00	940	100,00		

\*relación de % de subocupados en cada nodo respecto al % en el total de la muestra

Realizando un razonamiento similar al efectuado en el análisis ocupados-desocupados, se advierte que las clases 1 a 3 duplican el porcentaje de subocupados en relación con la muestra total, es decir que "Mujeres sin instrucción o primario incompleto", "Mujeres con primario completo o secundario incompleto que trabajan en servicios comunales o sociales u otra rama" y "Varones menores de 26 años que trabajan por su cuenta" constituyen los grupos de mayor riesgo. Por el contrario "Varones con categoría ocupacional patrón u empleador" tienen muy poca probabilidad (6,17%) de ser subocupados.

## **V. COMPARACIÓN DE LAS TASAS DE ERROR**

Los otros dos métodos aplicados -Redes Neuronales y Vecino más Cercano<sup>4</sup> - tienen la importante desventaja de no permitir identificar los factores que tienen incidencia sobre el empleo, pero su aplicación en este trabajo tuvo por objetivo verificar si es posible mejorar la separación de los grupos definidos por la variable criterio. En la literatura estadística se sugiere el modelo de Redes Neuronales como un método capaz de particionar el espacio de medición en regiones de una manera más eficiente que el Modelo Logístico, por lo que es dable esperar una reducción de la tasa de error<sup>5</sup> y entre los métodos no paramétricos, el del Vecino más Cercano es la opción correcta cuando las variables predictoras son categóricas.

En los modelos Logístico y Redes Neuronales, una vez estimados los coeficientes, se obtienen las probabilidades a posteriori, a partir de cuyos valores se asignan los casos a uno de los dos grupos bajo análisis. En la mayoría de las aplicaciones se fija el umbral en 0,5, de manera que para que un individuo sea asignado al grupo Ocupado, su probabilidad estimada debe ser mayor que ese valor. En este trabajo se adoptó el punto de corte 0,7, ya que ello reduce la cantidad de Desocupados y Subocupados mal clasifica-

<sup>4</sup>El Método del Vecino más Cercano no permite realizar la estimación de parámetros, mientras que el Modelo de Redes Neuronales los estima pero no son interpretables, por lo que con ambos métodos no es posible describir los factores que fueron determinantes en la clasificación de los individuos en cada grupo.

<sup>5</sup>En la aplicación de Redes Neuronales se probaron distintas tipologías con diferentes funciones de activación, logrando en todos los modelos mejores resultados con una capa oculta con función de activación tangente y la capa de salida con función de activación logística.

dos, aún cuando este criterio arroje una mayor tasa global<sup>6</sup>. Este inconveniente no se presentó en el modelo del Vecino más Cercano, en el que se mantuvo el punto de corte de 0,5.

La tasa de error en el Modelo Logístico, cuando se fija el punto de corte en 0,5, es muy similar a la obtenida en los Árboles de Decisión, toda vez que ambos métodos son muy sensibles a los tamaños de los grupos y por consiguiente tienden a favorecer la asignación al grupo de mayor tamaño, es decir Ocupados para este conjunto de datos. Sin embargo dicho inconveniente que pudo ser subsanado en el Modelo Logístico al requerir una alta probabilidad para asignar los casos a ese grupo, no se puede aplicar en los Árboles de Decisión.

Dejando de lado los resultados alcanzados con Árboles de Decisión, en la Tabla 9 se resumen los porcentajes de error obtenidos en las clasificaciones binarias, donde se destaca claramente que las proporciones de casos mal clasificados, en general se mantienen para cada método en ambas categorías.

**Tabla 9**  
**Resumen de las tasas de error aparente resultantes en la discriminación binaria**

Modelo	Desoc.	Suboc.	Ocup.	Global
<i>Desocupados-Ocupados</i>				
Logístico	0.37		0.30	0.32
Redes Neuronales	0.33		0.25	0.27
Vecino más cercano Uniforme	<b>0.21</b>		<b>0.19</b>	<b>0.19</b>
<i>Subocupados-Ocupados</i>				
Logístico		0.30	0.35	0.33
Redes Neuronales		0.32	0.28	0.29
Vecino más cercano Uniforme		<b>0.21</b>	<b>0.22</b>	<b>0.22</b>

<sup>6</sup>Tasas de error aparente resultantes en la discriminación binaria con punto de corte de 0.5

Modelo	Desoc.	Suboc.	Ocup.	Global
<i>Desocupados-Ocupados</i>				
Logístico	0.74		0.07	0.26
Redes Neuronales	0.64		0.06	0.23
<i>Subocupados-Ocupados</i>				
Logístico		0.66	0.09	0.25
Redes Neuronales		0.58	0.08	0.23

El Vecino más Cercano es el que logró una mejor performance, con tasas de alrededor del 20%, ubicándose en el otro extremo el Modelo Logístico con valores que superan el 30%. Si se compara este modelo con el de Redes Neuronales, se advierte una leve mejora de los resultados que no justifica la utilización de esta técnica, dada su compleja interpretación.

La subestimación de la tasa aparente fue medida para el modelo del Vecino más Cercano, en el que resultaron las siguientes tasas de error crossvalidadas: de 0,35 para los grupos Ocupados vs. Desocupados y de 0,38 para Ocupados vs. Subocupados.

## **VI. CONCLUSIONES**

El análisis de los resultados de la Regresión Logística y de Árboles de Decisión, permite concluir que los factores explicativos de la probabilidad de que una persona sea desocupada o subocupada concuerdan en general con las hipótesis planteadas.

Respecto a la Regresión Logística se obtuvieron dos funciones: 1) Desocupados versus Ocupados y 2) Subocupados versus Ocupados. No obstante la disimilitud de los coeficientes de los factores, se observa que las características socio-demográficas y laborales que inciden en los dos grupos de riesgo laboral son las mismas, algunas con mayor incidencia en desocupación y otras en subocupación.

Es importante destacar que estos modelos permiten identificar los factores prevalentes que inciden en la problemática, siempre que se los analice desde una perspectiva multidimensional, esto es, considerando simultáneamente todas las variables predictoras.

En cambio, en los nodos terminales del Árbol de Decisión, se pueden identificar grupos de casos, ordenados según el porcentaje que presentan para la variable criterio. Precisamente, esta es la mayor contribución de esta metodología, ya que la lectura de las diferentes ramas -correspondientes a esos nodos- brinda la caracterización de los perfiles de cada una de las clases.

Los otros dos métodos aplicados -Redes Neuronales y Vecino más Cercano- tienen la desventaja de no permitir identificar los factores que tienen incidencia sobre la probabilidad de que una persona tenga problemas de empleo. Su aplicación en este trabajo no va más allá del objetivo de verificar si es posible mejorar la separación de los grupos definidos por la variable criterio.

## VII. REFERENCIAS

- Aitchison, J. y Aitken, C. (1976). "Multivariate binary discrimination by the kernel method". *Biometrika*, 63, 413-420.
- Anderson, T.W. (1984, 2da.edic.). *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*. 1ra edic. (1958). New York, Wiley.
- Biggs, D. B. de Ville, and Suen, E. (1991). "A method of choosing multiway partitions for classification and decision trees". *Journal of Applied Statistics*, 18, 49-62.
- Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R. y Stone, C. (1998) *Classification and regression Trees*. New York, Chapman & Hall.
- Diaz, Margarita (2001). Performance del Análisis Discriminante Regularizado en la predicción de Crisis Financieras. *Tesis Maestría en Estadística Aplicada*. UN de Córdoba.
- Hall, P. y Matthew, W. (1988). "On Nonparametric Discrimination Using Density Differences". *Biometrika*, vol. 75, N° 3, 541-547.
- Hand, D.J. (1981). *Discrimination and Classification*. New York, Wiley.
- \_\_\_\_\_ (1982). *Kernel discriminant analysis*. New York, Wiley.
- \_\_\_\_\_ (1999). *Construction and Assessment of Classification Rules*. Chichester, Wiley.
- Hills, M. (1967). "Discrimination and allocation with discrete data". *Applied Statistics*, 16, 237-250.
- Hosmer, D. and Lemeshow, S. (1989). *Applied Logistic Regression*. New York, Wiley.
- <http://www.indec.mecon.gov.ar/eph/eph03.asp>
- <http://www.indec.gov.ar/nuevaweb/cuadros/4/metempleo1.pdf>
- Izenman, Alan (1991). "Recent Developments in Nonparametric Density Estimation". *JASA*, Vol. 86 N° 413, 205-224
- Johnson, R.A. y Wichern, D.W. (1992, 3 edic.). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 1ra edic. (1982). New York, Prentice-Hall
- Kass, G (1980). "An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data". *Applied Statistics*, 29:2, 119-127.
- McCullagh P. and Nelder JA (1989). *Generalized Linear Models*. London, Chapman and Hall.
- McLachlan, G.J. (1992). *Discriminant Analysis and Statistical Pattern Recognition*. New York, Wiley.
- SPSS Inc. *Manual del Usuario "Answer Tree 2.0."* (1998).
- Wang, C y Van Ryzin, J (1981). "A class of smooth estimators for discrete distributions". *Biometrika* 68, 301-309.
- Wilkinson, Leland (1992). "Tree Structured Data Analysis: AID, CHAID and CART", SPSS Inc., Chicago, Department of Statistics, Northwestern University.



## **El modelo de expectativas adaptativas como mejor método para estimar la variable precio del grano en el modelo de equilibrio parcial para girasol**

**SONIA CALVO**

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba  
scalvo@agro.uncor.edu

**ALFREDO VISINTINI**

Departamento de Economía y Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas,  
Universidad Nacional de Córdoba  
avisintini@arnet.com

**WALTER ROBLEDO**

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba  
wrobledo@agro.uncor.edu

### **Resumen**

*El objetivo de este trabajo es identificar el indicador apropiado para la variable precio del grano de girasol, ecuación que es parte del modelo de equilibrio parcial para girasol. Para elegir la variable proxy se estimaron dos modelos: el de expectativas adaptativas de Koyck y el de ajuste parcial o de ajuste de existencias y se calculó el precio promedio del grano considerando los mercados de Buenos Aires, Rosario y Bahía Blanca. Luego de aplicar los diferentes modelos para los precios "esperados" se estimó el modelo de equilibrio parcial a partir de "mínimos cuadrados en dos (MC2E) y en tres etapas (MC3E)". Mediante el test de Hausman (Judge et al, 1988) se estableció el método de estimación apropiado.*

*Entre los resultados se destaca que los mejores indicadores fueron el "precio promedio" y el "precio esperado" calculado por el método de expectativas adaptativas. Así, se deduce que el precio que el productor "espera" es una ponderación de lo ocurrido en los últimos ocho meses (precio en el momento de la siembra y el que recibió en la cosecha anterior). Contrariamente, no se encontró en el método de "ajuste parcial" un buen estimador de precio.*

Palabras Claves: girasol, modelo de equilibrio, expectativas adaptativas, ajuste parcial de precio  
Clasificación JEL: Q11.

### **Abstract**

*The objective of this work is to identify the appropriate indicator for the variable price of the grain of sunflower, equation which is part of the partial balance model for sunflower.*

*Two models have been considered to select the proxy variable: the Koyck adjustable expectations and the partial adjustment or existence adjustment. Then the average price of the grain was estimated taking into account the markets of Buenos Aires, Rosario and Bahía Blanca.*

*After applying the different models for the "expected" prices, the partial balance model was estimated from the "minimum squares in two stages (MC2E) and minimum squares in three stages (MC3E). The appropriate estimation method has been established through the Hausman Test (Judge et. Al, 1988).*

*As a result we can point out that the best indicators were "the average price" and the "expected price" calculated by the adjustable expectation method. Thus we can establish that the price expected by the producer is an optimistic calculation of what has happened in the last eight months (price at the seeding moment and price received in the previous harvest). On the contrary, it hasn't been found a good calculator of the price in the "partial adjustment".*

Key words: sunflower, balance model, adjustable expectations, adjustment partial-price  
JEL classification: J0, J6, D6.

## **I. INTRODUCCIÓN**

El objetivo de este trabajo es identificar el indicador apropiado para la variable precio del grano de girasol, ecuación que es parte del modelo de equilibrio parcial para girasol.

Los modelos de equilibrio parcial constituyen una herramienta útil para estudiar objetivamente la estructura de mercados y permiten realizar análisis de las políticas económicas que regulan estos mercados (García et al, 1997). Dado que en las ecuaciones del modelo de equilibrio parcial se debe modelar el precio esperado por los productores al momento de la siembra es necesario especificar el/los indicadore/s de precio correcto ya que tal como lo indica la teoría económica no pueden insertarse las variables "proxy" de manera casual (Tomek, 1972). Para elegir la variable proxy necesaria se estimaron dos modelos: el modelo de expectativas adaptativas de Koyck (Gujarati, 1997) y el modelo de ajuste parcial o modelo de ajuste de existencias (Pindyck et al, 1990; Gujarati, 1997; Judge et al, 1985). Además, se calculó el precio promedio del grano de girasol considerando tres mercados: Buenos Aires, Rosario y Bahía Blanca con el objetivo de tener un "precio de referencia".

Luego de aplicar los diferentes modelos para los precios "esperados" se estimó el sistema de ecuaciones del modelo de equilibrio parcial para la agroindustria a partir de "mínimos cuadrados en dos etapas" (MC2E) y de "mínimos cuadrados en tres etapas" (MC3E). Mediante el test de Hausman (Judge et al, 1988) se estableció cual de estos dos métodos de estimación es el apropiado en cada modelo estimado.

Es de destacar que, la elección de girasol, se fundamenta en la participación activa de Argentina en la producción y exportación de subproductos (aceites y harinas) (Gutman, 1999; Devoto, 1997; Obschatko, 1997). Soja y girasol explican más del 97,5% de la producción y más del 98% de la exportación de subproductos. El girasol participa en un 58% (98-00) de la exportación mundial de aceite y del 75% de las harinas lo cual convierte a Argentina en el primer exportador mundial de aceites y harinas de girasol.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: en el punto II se exponen los fundamentos teóricos donde en el punto II.1 se presentan las ecuaciones del modelo (oferta y demanda), en el punto II.2 los modelos de estimación del modelo de equilibrio parcial y en el punto II.3 los modelos para estimar los precios esperados. En el punto III se indican los resultados y en el IV las conclusiones. Finalmente se presenta la bibliografía utilizada.

## **II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **II.1. Modelo de equilibrio parcial. Ecuaciones.**

El modelo de equilibrio parcial para girasol - caracterizado por las regularidades observadas - admite el planteamiento de una serie de relaciones funcionales que permiten examinar las asociaciones e interacciones entre las variables seleccionadas para las diferentes actividades en las etapas primaria e industrial de la agroindustria (Visintini et. al., 1999). Este trabajo complementa una investigación de similares características presentado para soja por los autores (Calvo et. al., 2003).

Usualmente, los estudios que evalúan la agroindustria argentina son descriptivos, ya sea aplicando los modelos tradicionales como el de Estructura-Estrategia-Performance (Marion, 1976; Shaffer, 1973), o aquellos que aplican modelos explicativos más recientes como es el concepto de cadena alimentaria (filière) (Jacquemin, 1980; Malassis, 1986; Gherzi y Martín, 1988) o el modelo de competitividad de M. Porter (Porter, 1993). En relación al esquema de Porter, este ha sido aplicado para examinar la competitividad del sector agroindustrial de diversas agroindustrias argentinas tal el caso de la fruti-hortícola (Calvo, 1997, 1998; Ghezán et al., 1994; Ghezán y Acuña, 1996; Gennari et al., 1996) y la de carne vacuna (Calvo y Visintini, 1997).

Asimismo, el examen de las agroindustrias argentinas se ha complementado con determinados análisis cuantitativos. Estefanell et al., (2001) han aplicado modelos uniecuacionales para analizar las exportaciones agroalimentarias argentinas en los 90's mientras que Cetrángelo et. al., (2001) efectúan estimación de modelos uniecuacionales de oferta y demanda exportable por el método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO), mientras que Calvo y Visintini (2000); Calvo y Visintini (1997); Calvo (1997) complementan la estimación por el MCO con un método robusto también para modelos de oferta y demanda exportable.

Los modelos descriptivos o aquellos de comprobación de hipótesis causales basados en análisis econométricos estándar son limitados en cuanto a los análisis de las simulaciones y predicciones que sobre la agroindustria puedan tener los cambios que se producen tanto en los mercados nacionales como internacionales.

Una metodología superadora a las presentadas es la construcción de modelos de equilibrio. El modelo que se presenta está conformado por cuatro ecuaciones: las dos primeras - producción, área sembrada - representan la oferta agrícola, la tercera es la ecuación de precios que relaciona precio del

grano con los correspondientes a los subproductos (nexo entre sector agropecuario e industrial) mientras que la cuarta ecuación corresponde a la demanda industrial.

La "producción interna" (primera ecuación) tiene como variables explicativas el área sembrada y los rendimientos<sup>1</sup>. A su turno, el área sembrada es la variable sobre la que el productor tiene "control". Es decir se la considera como la variable de producción planeada por los productores al momento de la siembra (Brescia y Lema, 2001; Obschatko, 1997; Devoto, 1997; Astorquiza y Albisu, 1996; Sonnet, 1990). Contrariamente, los rendimientos tienen un componente aleatorio a consecuencia de los efectos del clima. Específicamente, en la ecuación "área sembrada" se han considerado las siguientes variables explicativas: precio de girasol, precio del producto sustituto y área sembrada del periodo anterior. Como sustituto se ha considerado el precio del trigo ya que es el cultivo más competitivo a causa que éste rota con girasol. A mayor superficie de trigo se incrementa la superficie de soja de segunda y por ende disminuye la superficie dedicada al girasol.

Para la tercera ecuación "precio del grano" se plantean como determinantes los precios FOB de los subproductos (aceite y harina de girasol). Esta ecuación "encadena" la oferta agrícola y al sector procesador. La oferta, debido a que el precio del producto es variable clave en la decisión de los productores agropecuarios y al sector industrial ya que la relación precio del grano/precio de aceite y harina es la base de costos/ingresos del procesamiento.

La cuarta ecuación modela la demanda industrial ( $D_{ig}$ ) la cual se incorpora por la fundamental importancia que ha tenido en el desarrollo del complejo oleaginoso argentino.

A nivel nacional, los factores específicos (Gutman, 1999a; Gutman, 1999b; Visintini et al., 1999; Obschatko, 1997; Devoto, 1997) que impulsaron el desarrollo industrial fueron: el fuerte crecimiento de la producción primaria de granos oleaginosos, la cercanía de las zonas de producción primaria (el acceso a la materia prima), la oferta de materia prima, la disponibilidad de tecnología, la cercanía a los puertos de embarque. Entre los factores generales se citan, la política económica implementada a partir de 1991<sup>2</sup>, que

<sup>1</sup> Los datos de rendimientos (promedios de cada campaña) corresponden a cifras nacionales.

<sup>2</sup> Durante las décadas del 70 y el 80 se aplicó un diferencial en las retenciones a las exportaciones entre granos, aceites y harinas. Este diferencial favoreció el procesamiento de la materia prima y así se fomentó el proceso industrial.

permitió a las industrias la adquisición de los ferrocarriles y la construcción de infraestructura portuaria (desregulación y privatización), con lo cual la industria se integró "hacia adelante" en la cadena.

La industria adquiere prácticamente el 90% de la producción de grano de girasol para elaborar harinas y aceites. Las variables incorporadas en el modelo como explicativas de la demanda industrial ( $D_{ig}$ ) son: precio del grano de girasol, precio de aceite y harina de girasol y la capacidad de molturación ( $M_g$ ). Tanto el precio del grano como el de los subproductos indican la relación costo/ingreso más relevante para el sector<sup>3</sup> mientras que la capacidad de molturación refleja la capacidad máxima que posee la industria resultando ser una variable proxy de las inversiones efectivamente realizadas en la industria. Una mayor capacidad de molturación implica mayor demanda industrial ya que el objetivo es ocupar "a pleno" la capacidad instalada de molturación.

Precisamente, Gutman (1999b) explica que la estrategia de las industrias aceiteras es aumentar la escala de producción (capacidad de molienda) con el objetivo de reducir el costo de la molienda (economía de escala). Asimismo, Calvo y Visintini (2000) estudian la competitividad de la agroindustria oleaginosa argentina y las condiciones de la oferta interna como determinantes de las variaciones de los volúmenes exportados concluyendo que la capacidad de molienda resulta el cuello de botella para la expansión de las exportaciones y por tanto un elemento fundamental al momento de implementar una política de desarrollo para el sector.

Así, las ecuaciones del modelo son las siguientes:

Ecuación "producción"  $Q_g$ :

$$Q_g = \alpha_0 + \alpha_1 A_{sg} + \alpha_2 R_g \quad (1)$$

Donde:  $\alpha_1 > 0$ ;  $\alpha_2 > 0$

Ecuación "área sembrada"  $A_{sg}$ :

$$A_{sg} = \beta_0 + \beta_1 P_g + \beta_2 P_{tr} + \beta_3 A_{sg(t-1)} \quad (2)$$

Donde:  $\beta_1 > 0$ ;  $\beta_2 < 0$ ;  $\beta_3 > 0$

Ecuación "precio de girasol"  $P_g$ :

$$P_g = \gamma_0 + \gamma_1 P_{ag} + \gamma_2 P_{hg} \quad (3)$$

Donde:  $\gamma_1 > 0$ ;  $\gamma_2 > 0$

Ecuación "demanda industrial"  $D_{ig}$ :

$$D_{ig} = \lambda_0 + \lambda_1 P_g + \lambda_2 P_{ag} + \lambda_3 P_{hg} + \lambda_4 P_{hg} \quad (4)$$

Donde:  $\lambda_1 < 0$ ;  $\lambda_2 > 0$ ;  $\lambda_3 > 0$ ;  $\lambda_4 > 0$

<sup>3</sup> La materia prima (grano de girasol) representa entre un 80 y 90% del costo de producción de la industria oleaginosa.

Donde las siglas indican:

$Q_g$  = Producción primaria de granos de girasol;  $A_{sg}$  = Área sembrada de girasol;  $A_{sg(t-1)}$  = Área sembrada del periodo anterior;  $R_g$  = Rendimientos de girasol;  $P_g$  = Precio de girasol;  $P_{tr}$  = Precio del trigo;  $P_{ag}$  = Precio aceite de girasol;  $P_{hg}$  = Precio harina de girasol;  $D_{ig}$  = Demanda industrial;  $M_g$  = Molienda industrial.

## II.2. Tratamiento de los datos e indicadores

Los datos provienen de fuentes secundarias, siendo el periodo de estudio entre 1980-2001. Las variables se expresan en logaritmos lo que implica que los coeficientes estiman las elasticidades de dichas variables. El software para efectuar las estimaciones es RATS 5.0.

Variable	Indicador
$Q_g$ = Producción primaria de girasol	Producción nacional de granos, expresada en miles de toneladas
$A_{sg}$ = Área sembrada de girasol	Área sembrada, expresada en miles de hectáreas
$A_{sg(t-1)}$ = Área sembrada del periodo anterior	Área sembrada, expresada en miles de hectáreas
$R_g$ = Rendimiento de girasol	Expresada en quintales por hectárea
$P_g$ = Precio de girasol	El indicador depende del modelo aplicado en punto 2.4. Se basa en precio interno mensual/ anual, expresado en moneda constante (abril de 1991=100) (\$/tonelada).
$P_{tr}$ = Precio del trigo	Precio interno promedio anual de tres mercados (Bahía Blanca, Buenos Aires y Rosario) expresado en moneda constante (\$/tonelada)
$P_{ag}$ = Precio aceite de girasol	Precio promedio anual (u\$/ton) FOB, puertos argentinos.
$P_{hg}$ = Precio harina de girasol	Precio promedio anual (u\$/ton) FOB, puertos argentinos.
$D_{ig}$ = Demanda industrial	Molienda anual, expresada en miles de toneladas. Es igual al valor mensual de la molienda efectivamente realizada.
$M_g$ = Molienda industrial	Máxima capacidad de molturación (miles de toneladas). Se toma el mes de máxima molturación y se lo multiplica por doce (meses).

### **II.3. Estimación del modelo de equilibrio parcial: Mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) y en tres etapas (MC3E)**

El modelo y sus respectivas ecuaciones planteadas en el punto II.1. se estimaron por el método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) y en tres etapas (MC3E). El método de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) fue desarrollado independientemente por Henri Theil en 1953 (Theil, 1978) y Robert Basman (1957). Se aplica en especial para ecuaciones sobreidentificadas aunque puede ser utilizado para aquellas exactamente identificadas. Por ello, cuando la ecuación se encuentra exactamente identificada, la estimación por MC2E es idéntica a los mínimos cuadrados indirectos y a la estimación de variables instrumentales. La idea básica de MC2E es reemplazar la variable explicativa endógena (estocástica) por una combinación lineal de variables predeterminadas en el modelo y utilizar esta combinación como variable explicativa en lugar de la variable endógena original. Es por ello que la primera etapa de MC2E implica la creación de un instrumento (la combinación lineal de las variables predeterminadas) mientras que la segunda etapa implica una variante de la estimación de variables instrumentales.

Los mínimos cuadrados en tres etapas (MC3E) implica la aplicación de estimación de mínimos cuadrados generalizados a un sistema de ecuaciones, cada una de las cuales se ha estimado primero usando MC2E. En la primera etapa del proceso se estima la forma reducida del sistema de modelos. Los valores ajustados de las variables endógenas se usan luego para obtener estimaciones MC2E de todas las ecuaciones en el sistema. Una vez que se han calculado los parámetros MC2E, se usan los residuales de cada ecuación para estimar las varianzas y covarianzas de ecuaciones cruzadas. En la tercera y última etapa se obtienen las estimaciones de parámetro de mínimos cuadrados generalizados. De esta manera, el procedimiento MC3E produce estimaciones de parámetros más eficientes que MC2E debido a que toma en cuenta la correlación de ecuaciones cruzadas. Los mínimos cuadrados en tres etapas no son eficientes si existe correlación entre los términos de error de las ecuaciones.

#### ***Prueba de especificación***

Para determinar cuál de los dos modelos - dos etapas o tres etapas - es el adecuado se efectúa la prueba de simultaneidad que se produce cuando una o más de las variables explicativas es endógena y por consi-

guiente está correlacionada con el término de perturbación. Si no hay simultaneidad la estimación por MCO generará estimadores eficientes y consistentes. Para detectar la simultaneidad se efectúa la prueba de especificación de Hausman (1978), que intenta averiguar si un regresor (una endógena) está correlacionado con el término de error. Precisamente el Test de Hausman indica como Hipótesis nula ( $H_0$ ) que MC3E es eficiente mientras que la Hipótesis alternativa es que MC2E es eficiente y MC3E no lo es. El criterio es si  $p$  es  $< 0.10$  se rechaza la  $H_0$  y se acepta que MC2E es eficiente.

#### II.4. Modelos para estimar los precios esperados

Tal como se indicó el objetivo de este trabajo es identificar el indicador apropiado para la variable precio del grano, ecuación que es parte del modelo que se estimará de acuerdo al punto II.3. Los modelos utilizados para estimar los precios "esperados" son: el modelo de expectativas adaptativas<sup>4</sup> y el modelo de ajuste parcial o modelo de ajuste de existencias<sup>5</sup> (Pindyck et al, 1990; Gujarati, 1997; Judge et al, 1985).

##### II.4.1. El modelo de expectativas adaptativas

Postula que los cambios en "Y" se relacionan con los cambios en el nivel "esperado" de la variable explicativa "X". El modelo se especifica de la siguiente manera:

$$Y_t = \alpha^* + \beta^* X_t^* + \varepsilon_t^* \quad (5)$$

Donde  $X^*$  representa el nivel deseado de o esperado de X, por ejemplo el precio esperado. El nivel esperado de X está definido por una segunda relación en la que se supone que las expectativas son alteradas en cada periodo como un ajuste entre el valor observado actual de X y el valor esperado previo de X. La relación es la siguiente:

$$X_t^* - X_{t-1}^* = \theta (X_t - X_{t-1}^*) \quad (6)$$

Donde:  $0 < \theta < 1$

O también,

$$X_t^* = \theta X_t^* + (1 - \theta) X_{t-1}^* \quad (7)$$

<sup>4</sup> Este modelo es conocido como "racionalización del modelo de Koyck" (Gujarati, 1997).

<sup>5</sup> Conocido como racionalización de Nerlove (Gujarati, 1997).

Así, esto indica que el nivel esperado de  $X^*$  (precio esperado) es un promedio ponderado del nivel presente de  $X$  y el nivel esperado previo de  $X^*$ . Para girasol el precio "esperado" ( $X^*$ ) (precio en el momento de la cosecha, en este caso abril) por los productores en el momento de la siembra (octubre) es un precio promedio ponderado ( $X$ ) del nivel presente (octubre) y el nivel esperado previo de  $X^*$  (abril del año anterior) o sea  $X^*_{t-1}$ .

#### II.4.2. Modelo de ajuste parcial

En el modelo de ajuste parcial (Gujarati, 1997), el nivel deseado de una variable  $Y^*$  es función de una determinada variable  $X$ . Sin embargo, y dado que el nivel deseado no es observable, Nerlove postula la hipótesis de ajuste parcial, donde:

$$Y_t - Y_{t-1} = \delta(Y_t^* - Y_{t-1}^*) \quad (8)$$

Donde  $0 < \delta < 1$

o también:

$$Y_t = \delta Y_t^* + (1-\delta) Y_{t-1}^* \quad (9)$$

Donde  $\delta$  es conocido como el coeficiente de ajuste y donde  $Y_t - Y_{t-1}$  es el cambio observado, siendo el cambio deseado ( $Y_t^* - Y_{t-1}^*$ ). Por tanto, se postula que el cambio observado en una variable  $Y$  en cualquier momento del tiempo  $t$  es alguna fracción  $\delta$  del cambio deseado durante ese período.

El modelo de Nerlove es más "convencional" que el modelo de expectativas adaptativas. Por ello, el precio se refiere al momento de la siembra. Precisamente este precio es un ajuste que se obtiene como porcentaje entre el precio futuro que recibirán en el momento de la cosecha y el precio que tuvieron en el momento de sembrar en el periodo anterior. Para girasol, el precio relevante en la decisión de la superficie a sembrar o sea el precio en la época de siembra ( $Y_t$ ) (octubre) es un porcentaje del precio futuro del girasol ( $Y_t^*$ ) (abril del periodo siguiente) y del precio que tenía el producto en la época de siembra del periodo anterior ( $Y_{t-1}$ ) (octubre del año anterior).

### III. RESULTADOS

#### III.1. Coeficientes estimados de acuerdo a los modelos de expectativas adaptativas y de ajuste parcial.

Los coeficientes que resultan de la estimación por el modelo de expectativas adaptativas (ecuación 6) y de ajuste parcial (ecuación 8) se presentan en la tabla 1. Los datos de precios corresponden a un promedio de precios de los mercados de Buenos Aires, Rosario y Bahía Blanca. Luego, y a partir de los coeficientes se calcularon los precios esperados aplicando la ecuación 7 en el modelo de expectativas adaptativas y la ecuación 9 en el modelo de ajuste parcial. Los precios esperados así obtenidos se aplicaron - alternativamente - al modelo de equilibrio parcial para girasol (3.2).

**Tabla 1: Coeficientes estimados por el modelo de expectativas adaptativas y de ajuste parcial**

Modelo de expectativas adaptativas	$\theta$	$1-\theta$
	0.827	1-0.827
Modelo de ajuste parcial	$\delta$	$1-\delta$
	0.58	1-0.58

Fuente: elaboración propia

#### III.2. Resultados correspondientes a la estimación de los modelos de equilibrio parcial

Las tres alternativas de precios aplicadas a los modelos de equilibrio parcial son las siguientes:

- que el precio del producto sea el precio promedio de los mercados representativos "modelo testigo" (Buenos Aires, Rosario y Bahía Blanca)
- que el precio del producto sea aquel estimado por el modelo de ajuste parcial (ecuación 7);
- que el precio del producto sea el estimado por el modelo de expectativas adaptativas (ecuación 9).

Tal como se explicitó anteriormente, la estimación del sistema de ecuaciones del modelo de equilibrio parcial se efectuó a partir de "mínimos

cuadrados en dos etapas" (MC2E) y de "mínimos cuadrados en tres etapas" (MC3E). Luego, el Test de Hausman permite decidir por el mejor método de estimación. Los resultados del Test de Hausman son los siguientes:

- Modelo de precio promedio: Chi cuadrado (10)= 21.125876 con nivel de significación de 0.02023273
- Modelo de ajuste parcial : Chi cuadrado (11)= 26.487625 con nivel de significación de 0.00548796
- Modelo de expectativas adaptativas: Chi cuadrado (11)= 23.278116 con nivel de significación de 0.01614476

Por los resultados anteriores, es el MC2E el método más apropiado los cuales se presentan a continuación. Se destaca que se rechaza la Hipótesis nula que indica que MC3E es eficiente siendo el criterio de rechazo que el p-value de los modelos es menor que 0.10. La hipótesis alternativa indica que MC2E es eficiente.

Por último, es importante destacar que se presentan los resultados por ecuación para cada uno de los modelos de equilibrio parcial.

#### *Ecuación producción*

##### · Modelo de precios promedio

Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.93	Durbin-Watson: 1.94	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. LASG	1.0062791958	0.0075614196	133.08072	0.00000000
2. TEND	0.0254527179	0.0043989905	5.78604	0.00000001

##### · Modelo de ajuste parcial

Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.92	Durbin-Watson: 1.94	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. LASG	1.0062500306	0.0075616479	133.07285	0.00000000
2. TEND	0.0254680395	0.0043990981	5.78938	0.00000001

##### · Modelo de expectativas adaptativas

Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.92	Durbin-Watson: 1.94	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif
1. LASG	1.0061858221	0.0075613921	133.06886	0.00000000
2. TEND	0.0255017709	0.0043989773	5.79720	0.00000001

*Ecuación área sembrada***• Modelo de precios promedio**

Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.60		Durbin-Watson: 1.96	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
3. LPRG{1}	0.688702433	0.181020431	3.80456	0.00014206	
4. LPDTR	-0.279565245	0.214174117	-1.30532	0.19178472	
5. LASG{1}	0.704509937	0.083761575	8.41090	0.00000000	

**• Modelo de ajuste parcial**

Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.34		Durbin-Watson: 1.91	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
3. LPRG{1}	0.2574903472	0.2827178523	0.91077	0.36241767	
4. LPDTR	0.1508929256	0.2950066267	0.51149	0.60900802	
5. LASG{1}	0.7305096272	0.1138933905	6.41398	0.00000000	

**• Modelo de expectativas adaptativas**

Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.62		Durbin-Watson: 1.80	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
3. LPRG{1}	0.660186090	0.17402533	3.79362	0.00014847	
4. LPDTR	-0.327517883	0.226509511	-1.44593	0.14819562	
5. LASG{1}	0.752077517	0.080711815	9.31806	0.00000000	

*Ecuación precio de girasol***• Modelo de precios promedio**

Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.60		Durbin-Watson: 1.12	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
6. LPAGFOB	0.6285110250	0.0743097486	8.45799	0.00000000	
7. LPHGFOB	0.3112676399	0.0993989073	3.13150	0.00173916	

**• Modelo de ajuste parcial**

Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.60		Durbin-Watson: 1.09	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
6. LPAGFOB	0.6502874262	0.0751019709	8.65873	0.00000000	
7. LPHGFOB	0.2821883632	0.1004686307	2.80872	0.00497387	

**• Modelo de expectativas adaptativas**

Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.59		Durbin-Watson: 1.15	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
6. LPAGFOB	0.6051699831	0.0785089996	7.70829	0.00000000	
7. LPHGFOB	0.3425457634	0.1050266639	3.26151	0.00110820	

*Ecuación demanda industrial***• Modelo de precios promedio**

Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.98		Durbin-Watson: 1.79	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
8. LPRG{1}	0.019393883	0.092941328	0.20867	0.83470741	
9. LPAGFOB	-0.076657045	0.095524138	-0.80249	0.42227030	
10. LQG	0.644090804	0.155788669	4.13439	0.00003559	
11. LMG	0.368852403	0.160952314	2.29169	0.02192368	

**• Modelo de ajuste parcial**

Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.98		Durbin-Watson: 1.73	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
8. LPRG{1}	0.050396032	0.072287496	0.69716	0.48570196	
9. LPAGFOB	-0.101382212	0.072738398	-1.39379	0.16338036	
10. LQG	0.648346657	0.114904675	5.64247	0.00000002	
11. LMG	0.363369110	0.121859552	2.98187	0.00286495	

**• Modelo de expectativas adaptativas**

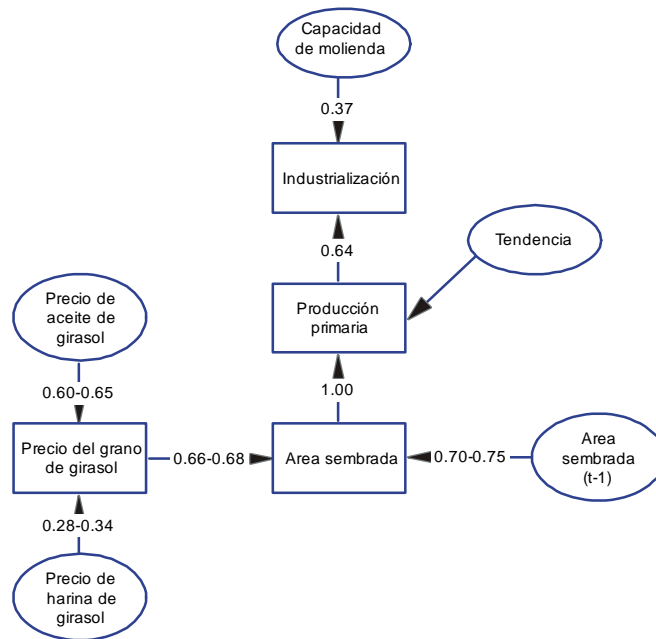
Total observaciones: 22		R <sup>2</sup> : 0.98		Durbin-Watson: 1.80	
Variable	Coeff	Std Error	T-Stat	Signif	
8. LPRG{1}	0.008544026	0.077156452	0.11074	0.91182540	
9. LPAGFOB	-0.071043943	0.089216240	-0.79631	0.42585084	
10. LQG	0.652662224	0.154252702	4.23112	0.00002325	
11. LMG	0.363409045	0.163403631	2.22400	0.02614870	

Para la ecuación producción, los tres modelos estimados - precio promedio, expectativas adaptativas y ajuste parcial - tienen el mismo R<sup>2</sup> (0,93)

siendo significativas y de signo esperado las variables área sembrada y la tendencia. El indicador rendimiento, expresado en quintales por hectárea no resultó un buen indicador. El examen de la serie de rendimientos durante el periodo 1980-2001 muestra oscilaciones cuando en realidad se esperaba una tendencia positiva que refleje el cambio tecnológico que se ha producido en el sector y que se manifiesta, entre otras variables en los rendimientos. Es importante destacar que la disminución de los rendimientos a nivel nacional se debe a la incorporación de nuevas áreas marginales para la siembra de girasol lo que implica una caída en el promedio.

En relación a la ecuación área sembrada, el modelo menos satisfactorio fue el de "ajuste parcial" siendo el R<sup>2</sup> de 0,34 y sólo fue significativa el área sembrada del período anterior. Los otros dos modelos, dieron resultados similares (R<sup>2</sup>: 0.60) siendo significativas las variables precio del girasol y el área sembrada del período anterior.

**Figura 1**  
**Esquema síntesis de resultados del modelo de equilibrio parcial para girasol**



La ecuación precio del girasol resultó con el mismo  $R^2$  en los tres modelos (0.60). Las dos variables - precio del aceite y precio de la harina de girasol - resultaron significativas y de signo esperado.

Por último, el  $R^2$  de la ecuación demanda industrial resultó igual a 0.98 en los tres modelos siendo significativas la producción primaria y la capacidad de molienda. Esta última variable fue significativa con  $\alpha$  menor al 0.05 en el modelo de ajuste parcial mientras que en los otros dos modelos lo fue con  $\alpha$  de 0.10.

#### IV. CONCLUSIONES

La finalidad de este trabajo era determinar cual era el mejor indicador de la variable precio en el modelo de equilibrio parcial para girasol. Para ello, se aplicaron tres "precios": uno de ellos, calculado por el modelo de expectativas adaptativas y el otro por el método del ajuste parcial. Asimismo, se aplicó el precio promedio de los diferentes mercados intentando que el modelo fuera "testigo" de los anteriores.

En la ecuación "área sembrada" resulta interesante el nivel de significación de la variable área sembrada del periodo anterior que estaría dando una señal de la importancia del comportamiento en el pasado en las decisiones actuales. Se puede decir entonces que el productor "intenta" mantener la misma superficie en cada campaña lo cual desde el punto de vista económico se relaciona con la importancia de "aprovechar" en cada campaña los factores fijos (Caldentey Albert et al, 1993). Bour (1983) obtiene valores de 0.30 para la elasticidad área sembrada del periodo anterior-área sembrada para la provincia de Buenos Aires.

En cuanto al mejor indicador de la variable precio, se destaca que el precio calculado por el método de expectativas adaptativas y el precio promedio del periodo anterior<sup>6</sup> (Buenos Aires, Rosario, Bahía Blanca) resultaron los mejores indicadores de la ecuación "área sembrada". Los coeficientes encontrados (0.69 y 0.66) respectivamente - calculados bajo la forma logarítmica - en la ecuación área sembrada indican que un aumento de precio del girasol

<sup>6</sup> Los autores aplicaron el modelo de Almon a las variables área sembrada y precio del producto en cuestión (variable independiente). Resultó significativo y de signo esperado (+) el valor correspondiente al precio del periodo rezagado en un año. De esta manera, y tal como sucede con la mayor parte de los precios de mercado, el mejor pronóstico de un precio es su valor más reciente.

de 1% implica un incremento del área sembrada entre 0.66 y 0.69 % según el modelo de precios (precio promedio y expectativas adaptativas, respectivamente). Se destaca que el valor obtenido es similar (0.51) al obtenido por Brescia y Lema (2001) quienes aplican los datos correspondientes a los años 1962-2000.

En la ecuación "demanda industrial" una de las variables significativas es la capacidad de molienda como explicativa de las variaciones de la demanda por parte de la industria siendo irrelevante la relación de precios de los granos y los subproductos. Una explicación factible es que la demanda industrial está fuertemente condicionada por la capacidad instalada; de aquí que los precios (dentro de un rango promedio histórico) resulten poco relevantes o "influyentes" en las decisiones de la industria. A esta misma conclusión se llegó en el trabajo "Competitividad de la agroindustria oleaginosa. Las condiciones de la oferta interna como determinantes de las variaciones de los volúmenes exportados" publicado por Calvo y Visintini (2000) donde se especifica que en el caso de las exportaciones de subproductos la "molienda industrial es uno de los factores limitantes para la expansión de las mismas". En el mismo sentido, un trabajo posterior efectuado por Cetrángolo et al., (2001) concluye que la respuesta de la oferta argentina a los incrementos de precios se encuentra limitada por la capacidad de molienda.

Asimismo, la significación de la producción primaria en la industria, estaría indicando que los volúmenes molidos por la industria dependen del suministro de materia prima: un aumento del 1% en la producción primaria implica un incremento del 0.64 % en la demanda por parte de la industria, siempre sujeto a la capacidad de molienda.

En relación al tema precios es de destacar que la estimación e incorporación de los precios "esperados" en el modelo de equilibrio parcial resuelve el dilema sobre cual precio incorporar: mensual o promedio anual. Los mejores indicadores fueron el "precio promedio" y el "precio esperado" calculado por el método de expectativas adaptativas. De esta manera se puede deducir que el productor "espera" que el precio que recibirá es una ponderación de lo ocurrido en el curso de los últimos ocho meses ya que el precio esperado calculado por el modelo de expectativas adaptativas se basa en un promedio ponderado entre el precio en el momento de la siembra (octubre (t)) y el precio que recibió en la cosecha anterior (abril (t-1)).

Contrariamente, no se encontró en el precio por el método de "ajuste parcial" un buen estimador. Sin embargo, para rechazarlo como modelador de

precios esperados debería "probarse" para otros productos. Se recuerda que el precio esperado (en octubre (t), en el momento de la siembra) en el ajuste parcial es un promedio entre el precio a cosecha futuro (abril del año siguiente (t+1)) y el precio en la siembra del año anterior (octubre (t-1)) lo cual implica que considera la tendencia de precios de un periodo superior al año.

Finalmente, en este trabajo se ha superado la limitación citada en los trabajos anteriores tales como incorporar como una alternativa interesante la estimación de los precios a partir de modelos dinámicos.

## V. BIBLIOGRAFÍA

- Astorquiza E., Albisu M., (1996). *Análisis econométrico de superficie y rendimiento de trigo, cebada y maíz cultivados en España (1959-1985)*. INIA. Ministerio de Agricultura de España. pp 48-108
- Basmann R. (1957). "A generalized Classical Method of Linear Estimation of Coefficients in a Structural Equation". *Econometrica* (25): 77-83
- Beker V., (1980). "Proyección de oferta del sector agrícola argentino, 1985-1995". *Anales de la Asociación Argentina de Economía Política. XV Reunión Anual*. Mar del Plata. pp. 2-15.
- Bour E., (1983). "Los mercados agropecuarios en Argentina: un estudio econométrico y de simulación". Universidad de Buenos Aires. Banco Central de la República Argentina. *Anales de la Asociación Argentina de Economía Política. XVIII Reunión Anual*, Vol. 1. Tucumán.
- Brescia V. y Lema D. (2001). "Dinámica de la oferta agropecuaria argentina: elasticidades de los principales cultivos pampeanos". *Congreso Rioplatense de Economía Agraria y XXXII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria*, Montevideo, 27 pp.
- Caldentey Albert P. y Gomez Muñoz A. C. (1993). *Economía de los mercados agrarios*. Mundi-Prensa, España, 217 pp.
- Calvo, S., Visintini, A., Robledo, W., (2003). "Un modelo de equilibrio parcial para soja: identificación del indicador apropiado para la variable precio en el modelo estructural". *Revista Argentina de Economía Agraria*. Número 2: 5-21. ISSN 0327-3318.
- Calvo, S., Visintini, A., Bonetto, A., Robledo, W., (2001). "Un modelo de equilibrio parcial para girasol: identificación del indicador apropiado para la variable precio en el modelo estructural". *Primer Congreso Rioplatense de Economía Agraria y XXXII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria*. Montevideo.

- Calvo S. (1998). "Un examen de las exportaciones de la agroindustria argentina de manzanas y peras: el esquema de Michael Porter como herramienta". *Políticas Agrícolas III*(1): 31-68.
- Calvo S. (1997). "Competitividad y tipo de cambio: el caso de la agroindustria de manzanas y peras". *Investigación Agraria: Serie Economía* 11(1) :41-70.
- Calvo S. y Visintini A. (1997). "Exportaciones de la agroindustria de carne vacuna: variabilidad y determinantes". *Revista Argentina de Economía Agraria*. Buenos Aires, 25 pp.
- Calvo, S., A. Visintini., (2000). "Competitividad de la agroindustria oleaginosa argentina. Las condiciones de la oferta interna como determinante de las variaciones de los volúmenes exportados". *Revista de la Facultad de Agronomía*. UBA. Tomo 20 (3), 421-429.
- Cetrángolo H., Fernandez S. y Hallburton W. (2001). "La competitividad del complejo olaginoso argentino y el efecto de los mecanismos disorsivos del mercado". *Congreso Rioplatense de Economía Agraria y XXXII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria*, Montevideo, 25 pp.
- CIARA. (1995, 1999, 2000). *Anuarios Estadísticos*. Ed. Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina.
- CIARA. (2002). [www.ciara.com.ar](http://www.ciara.com.ar). Página web de la Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina.
- CIARA. (1986). *Estudio sobre los efectos de los subsidios en el complejo oleaginoso en países relevantes*. The Consultant Group, Inc. y Abel, Daft and Early, Inc. Washington, DC. 120 pp.
- Civitarese H. y Granato F. (2001). "El complejo oleaginoso argentino: algunos factores determinantes de su desempeño exportador". *Congreso Rioplatense de Economía Agraria y XXXII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria*, Montevideo, 23 pp.
- Devoto R. (1997). "Mapeo de la cadena agroalimentaria oleaginosa". En *Mapeo tecnológico de cadenas agroalimentarias en el Cono Sur*. PROCISUR e IICA. Programa de Cooperación para el desarrollo tecnológico agropecuario del Cono Sur. pp. 75-99.
- Estefanell G., Blaiotta M. y Raposo D. (2001). "Exportaciones agropecuarias argentinas en los 90's: el caso de la Unión Europea". *Congreso Rioplatense de Economía Agraria y XXXII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria*, Montevideo, 30 pp.
- García, P., Leuthold, R. M., (1997). "Commodity market modelling". En Padberg, D.I. , C. Ritson and L.M. Albisu (eds), *Agro-food Marketing*, Oxford, UK:CAB International.

- Gennari A., Razquin C. y Sicilia P. (1996). "Competitividad de la industria vitivinícola argentina: una aplicación del modelo de Porter". *Revista de la Asociación Argentina de Economía Agraria*, 17 pp.
- Gherzi G. y Martin F. (1988). *Stratégies et politiques alimentaires. Définitions et concepts clés*. Centre Sahel, Groupe Stratégies et Politiques alimentaires au Sahel. Série conférence (1): 30-67.
- Ghezán G. y Acuña A. (1996). "Potencialidades y limitantes a la competitividad de Argentina en productos frutihortícolas". *Revista de la Asociación Argentina de Economía Agraria*, 18 pp.
- Ghezán G., Mateos M. y Acuña A. (1994). "Innovaciones organizacionales y reestructuración del sistema agroalimentario". *Revista de la Asociación Argentina de Economía Agraria*, 31 pp.
- Gujarati, D., (1997). *Econometría*. Ed. McGraw-Hill.
- Gutman G. (1999a). "Innovaciones tecnológicas y organizativas en complejos agroalimentarios. El complejo oleaginoso en el MERCOSUR". Actas de las *Primeras Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*, Buenos Aires, 45 pp.
- Gutman G. (1999b). "Trayectoria y demandas tecnológicas de las cadenas agroindustriales en el MERCOSUR ampliado- Oleaginosas: Soja y Girasol". En: *Serie de Resúmenes Ejecutivos N° 3*, PROCISUR, BID, Montevideo, 82 pp.
- Hausman J. (1978). Specification Test in Econometrics. *Econometrica* 43(2): 727-738.
- Jacquemin A. (1980). Economie industrielle européenne, structure de marché et stratégie d'entreprise. *Finance et économie appliquée* (3): 20-35.
- Judge, G., Hill, C., Griffiths, W; Lütkepohl, H; Lee, T., (1985). *The Theory and Practice of Econometrics*. John Wiley and Son, Ed. Second edition.
- Judge G., Hill C., Griffiths W; Lütkepohl H. y Lee T. (1988). *Introduction to the theory and practice of econometric*. John Wiley and Son, Ed. Segunda edición, 350 pp.
- Just R. (1990). A model of US corn, sorghum, and soybean markets and the role of government programs (USAGMKTS). *The World Bank*, WPS 448, 34 pp.
- Malassis L. (1986). *Economie agro-alimentaire*. Tome III. Ed. Cajus. 158 pp.
- Marion B. (1976). *Application of the Structure, Conduct, Performance Paradigm to Subsector Analysis*. WP7, NC Projet 117, USA. 134 pp.
- Muth, J.F., (1961). "Rational expectations and the theory of price movements". *Econometrica*, 29.

- Obschatko, E. (1997). "Articulación Productiva a partir de los Recursos Naturales. El caso del Complejo Oleaginoso Argentino". Documento de trabajo 74. CEPAL, Naciones Unidas.
- Pindyck, R; Daniel L. Rubinfeld., (1990). *Econometric models and econometric forecasts*. Ed. McGraw-Hill. Tercera edición.
- Porter M. (1993). *L'avantage concurrentiel des Nations*. InterEditions, París. 883 pp.
- Shaffer J., (1973). "On the Concept of Subsector Studies". *American Journal of Agricultural Economics*, pp. 333-335.
- Sonnet F., (1990). "Análisis de respuesta de oferta de oleaginosos en la provincia de Córdoba". *Tesis doctoral*.
- Symaprasad, Gupta. (1974). "An Economic Model for Argentina". *Bank Staff Working Paper N 177*. International Bank for Reconstruction and Development. 36 pp y 4 apéndices.
- Theil H. (1978). *Introduction to Econometrics*. Prentice Hall, 447 pp.
- Tomek, W., (1972). "Distributed lag models of cotton acreage response: a further result". *Am. J. Agr. Econ.* 54: 108-110.
- Visintini A; Calvo, S., Bonetto Hervida G., (1999). "Un modelo de equilibrio para la agroindustria oleaginoso argentina". *Informe final presentado a SECyT (UNC)*. 130 pp.





## Los indicadores de gestión en el Sector Público

**FRANCISCO PEDRAJA CHAPARRO**

Universidad de Extremadura  
pedraja@unex.es

**JAVIER SALINAS JIMÉNEZ**

Instituto de Estudios Fiscales, Universidad de Extremadura  
javier.salinas@ief.minhac.es

**MARÍA DEL MAR SALINAS JIMÉNEZ**

Instituto de Estudios Fiscales, Universidad de Extremadura  
mar.salinas@ief.minhac.es

### Resumen

*El uso de indicadores de gestión en el ámbito público se ha extendido en las últimas décadas con el objetivo de valorar la actuación de las agencias públicas y contribuir a mejorar su funcionamiento y la eficiencia con que éstas operan. El objetivo de este trabajo es analizar las características que debe reunir un sistema de indicadores y los principales problemas que pueden derivarse de su utilización en el ámbito público. Para ello se destacan algunas particularidades del sector público que plantean problemas específicos a la hora de diseñar e implementar un sistema de indicadores. A continuación se discuten los objetivos que se persiguen con la introducción de un esquema de indicadores en el ámbito público, los tipos de indicadores que se emplean habitualmente y las dificultades que se derivan de su utilización en relación tanto a la información que proporcionan como a los incentivos que generan, tomando como referencia la experiencia de algunos países que han sido pioneros en la introducción de indicadores de gestión para valorar la actuación pública.*

Palabras Claves: Indicadores de gestión, medición de la actuación en el sector público.

Clasificación JEL: J0, J6, D6.

### **Abstract**

*In the last decades, performance indicators have often been used with the aim to assess the activities of public units and help to improve their efficiency. The objective of this paper is to analyze the characteristics that a system of public indicators should have and the main problems that may be derived from its use in the public sector. In order to do so, some peculiarities of the public sector, which are the source of specific problems when designing and implementing a system of performance indicators are described. Then, the different types of indicators and the difficulties that arise from their use in relation both with the information needed and with the incentives they give rise to are discussed.*

Key words: Performance indicators, assessment of the performance in the public sector.

JEL classification: J0, J6, D6.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Desde comienzos de la década de 1980 gran parte de los países de la OCDE han aplicado profundas reformas con el objetivo de mejorar el funcionamiento del sector público. Este cambio de orientación en el ámbito de la gestión pública comprende iniciativas que abarcan desde las privatizaciones hasta la simulación de mercados en el ámbito público, la adopción de técnicas de gestión procedentes del sector privado, la introducción de elementos de descentralización o la atención prestada a los elementos de control<sup>1</sup>. En este contexto, el uso de los indicadores de gestión en el sector público ha conocido un creciente interés en los últimos años al

<sup>1</sup>Para una revisión de estas iniciativas que se enmarcan en lo que se conoce como Nueva Gestión Pública, véase González Páramo y Onrubia (2003).

hacer más explícitos los objetivos de la actividad pública y servir como criterios de evaluación de la actividad realizada.

Como señalan Milgrom y Roberts (1992), la teoría convencional de la agencia supone una representación razonable de las relaciones de agencia que se observan en el ámbito público, por lo que la estructura conceptual que suministra esta teoría resulta de gran utilidad para analizar el funcionamiento y la gestión de las organizaciones públicas. Uno de los problemas que plantean las relaciones entre el principal (la sociedad o sus representantes gubernamentales) y el agente (el proveedor de servicios públicos) se deriva de la existencia de una información asimétrica favorable al agente ya que, en general, éste tendrá más información relevante sobre la unidad que gestiona que la que pueda tener, con un costo razonable, el principal. A este problema de asimetrías en la información se unen los problemas derivados del conflicto de intereses provocado por las diferencias en las funciones objetivo del principal y del agente. El uso de indicadores de gestión puede contribuir a mitigar estos problemas, ofreciendo información al principal sobre la actuación del agente y facilitando la posible introducción de un sistema de incentivos adecuado que permita que los objetivos del principal entren a formar parte de la función objetivo del agente.

Aunque este marco supone una simplificación de las relaciones que se observan en el sector público, permite destacar dos aspectos básicos derivados del uso de un sistema de indicadores: por una parte, cuál es la información que proporcionan estos indicadores y, por otra, cómo influye esta información en el comportamiento de los individuos. Partiendo de estas dos cuestiones, el objetivo de este trabajo es analizar las características que debe reunir un sistema de indicadores, discutiendo algunos de los principales problemas que pueden derivarse de su utilización. Para ello se tomará como referencia la experiencia de algunos países que han sido pioneros en su implementación. En primer lugar destacaremos algunas particularidades del sector público que plantean problemas específicos a la hora de utilizar un sistema de indicadores, en relación tanto con la información que éstos proporcionan como con los incentivos que generan. A continuación se plantean los objetivos que se persiguen con la introducción de un sistema de indicadores en el ámbito público y qué tipos de indicadores se emplean habitualmente. En el apartado siguiente se discuten los principales problemas de medición y atribución del output público y, por último, el trabajo se cierra con un apartado de conclusiones.

## **II. PARTICULARIDADES DEL SECTOR PÚBLICO: MULTIPLICIDAD DE PRINCIPALES Y OBJETIVOS**

Muchas de las cuestiones que plantea el uso de indicadores de gestión son comunes a los sectores público y privado. Sin embargo, el sector público presenta características específicas que hacen que el uso de indicadores resulte especialmente complejo; entre estas características se destacan la multiplicidad de principales y objetivos (Dixit, 2002)<sup>2</sup>. Si bien al hablar del principal en el ámbito público nos referimos de forma genérica a la sociedad en su conjunto, en realidad nos encontramos con una multiplicidad de principales que comprende distintos grupos de la sociedad o de sus representantes (usuarios del servicio, contribuyentes, políticos en diferentes niveles de gobierno, organizaciones profesionales, etc.). Por otra parte, la propia naturaleza del output público y su carácter multidimensional dan lugar a múltiples actividades y objetivos, que en ocasiones pueden ser contradictorios. El problema de la multiplicidad de objetivos puede verse además acentuado por la existencia de múltiples principales.

Estas dos características plantean cuestiones específicas a la hora de diseñar e implementar un sistema de indicadores en el sector público, en relación tanto con la información que deben proporcionar estos indicadores como con los incentivos que se derivan de su utilización. El uso de indicadores proporciona información en un doble sentido. Por una parte permite al principal transmitir sus objetivos y prioridades al agente y, por otra, le proporciona información sobre la actuación de este último. La existencia de múltiples principales que pueden tener objetivos diferentes (y que a su vez pueden diferir de los del agente) unida al carácter multidimensional del output público (y, en ocasiones, a la vaguedad de los objetivos en este ámbito) hace que resulte de gran utilidad la definición y concreción de los objetivos. A esta tarea contribuye en gran medida el diseño de un esquema de indicadores, que establecerá de forma explícita los objetivos que se pretenden alcanzar y la prioridad que se otorga a cada uno de ellos, sirviendo así como guía de actuación al agente y como instrumento de evaluación al principal.

Por su parte, al existir múltiples principales se plantea la cuestión de quién es el destinatario de la información que proporciona la medida de la

<sup>2</sup> Otras características específicas del sector público apuntadas por Dixit se refieren al grado de aversión al riesgo y a posibles problemas de “riesgo moral” por la parte del principal.

actuación del agente. Cuando el destinatario de la información es el responsable o gestor político, los indicadores proporcionan una información interna que no tendrá por qué ser publicada para el uso de los indicadores como instrumento de gestión. Sin embargo, esta información debería hacerse pública cuando los indicadores de gestión van asociados a un sistema de incentivos o cuando se emplean como instrumento para favorecer comportamientos competitivos. En este caso la información que obtienen los usuarios facilitará nuevas formas de democracia participativa y potenciará la capacidad de decisión y de elección de los ciudadanos cuando estos indicadores de actuación van unidos a otros mecanismos que favorezcan el funcionamiento de cuasimercados (i.e. elección de las agencias por parte del usuario y mayor autonomía de éstas). Por tanto, la publicidad de información no será en principio un requisito necesario para la gestión o la mejora de la actuación de las organizaciones, pero sí será necesaria cuando el objetivo es promover el control externo por parte de los usuarios. En cualquier caso, la información requerida por los gestores y por los usuarios puede ser diferente, lo que condicionará qué tipo de indicador resulte más adecuado en cada caso en función de cuál sea la finalidad perseguida y, por tanto, de quién sea el destinatario principal de la información que proporcionan los indicadores.

Con relación al tema de los incentivos, algunos autores han destacado cómo estas características específicas del sector público (multiplicidad de principales y objetivos) deberían conducir a un sistema de incentivos de más baja potencia en el sector público que en el privado, donde el número de objetivos y tareas es menor y con frecuencia están mejor definidos<sup>3</sup>. Por otra parte, cuando consideramos la estructura del sector público no se trata solamente de una cuestión de motivación o incentivos de los empleados públicos, sino también de las distintas agencias (i.e. escuelas, hospitales, etc.). Los sistemas de incentivos asociados a un esquema de indicadores pueden basarse en recompensas explícitas o implícitas. Los incentivos explícitos se dirigen a los individuos o a las agencias y son generalmente de carácter monetario (primas de productividad para los empleados o mayor asignación de recursos en el caso de las agencias), aunque también pueden

<sup>3</sup> Otras razones para que el sistema de incentivos sea de baja potencia en el sector público se podrían encontrar si se observa que los trabajadores en este sector están más motivados por beneficios no monetarios o condiciones de carrera. Un análisis bastante completo sobre incentivos en el sector público, con especial atención a la experiencia británica, puede encontrarse en Burgess y Ratto (2003). Sobre motivación intrínseca y extrínseca, véase Bénabou y Tirole (2003).

basarse en recompensas no monetarias (condiciones de carrera para los individuos o mayor autonomía para las agencias). Por su parte, los incentivos implícitos se dirigen básicamente a las agencias y son el resultado de la respuesta de un tercero a los indicadores, como en el caso del funcionamiento de cuasimercados donde los proveedores del servicio son recompensados por una buena actuación a través de un mayor número de contratos. Por tanto, a la hora de estudiar los incentivos para las agencias nos encontramos fundamentalmente con dos tipos de sistemas de incentivos, uno basado en la introducción de recompensas explícitas en función de los indicadores o medidas de actuación y otro asociado a la introducción de formas limitadas de competencia.

En cualquier caso, y aun cuando el sistema de indicadores no vaya asociado a un esquema de incentivos, la respuesta de los agentes se dirigirá a maximizar su propia utilidad o beneficio, lo que puede dar lugar a un conjunto de efectos no deseados en el comportamiento de los agentes como consecuencia de la utilización de un sistema de indicadores<sup>4</sup>. En este trabajo no nos centraremos en el diseño de un sistema de incentivos en el ámbito público, sino que nos limitaremos a comentar algunos aspectos relacionados con los incentivos que genera la introducción de un sistema de indicadores, centrándonos especialmente en esos comportamientos no deseados que puede generar la utilización de los mismos. El objetivo de esta discusión será analizar las implicaciones que se derivan de esos comportamientos para un diseño y utilización adecuados de un esquema de indicadores.

### **III. LOS INDICADORES DE GESTIÓN EN EL SECTOR PÚBLICO**

Los indicadores de gestión constituyen uno de los instrumentos más utilizados para evaluar y controlar la actividad pública. La introducción de un sistema de indicadores en el ámbito público tiene como objetivo general la mejora en el funcionamiento del sector público y, en consecuencia, en la provisión de servicios públicos. Este objetivo general se concreta en objetivos más específicos que van desde la mejora en la actuación y la eficiencia de determinadas unidades o agencias individuales, lo que podría a su vez ir unido (o no) a ejercicios de comparación con otras unidades que sirvieran de referencia, hasta la utilización de los indicadores para introducir o aumentar mecanismos de pseudo-competencia, para incrementar la transparencia en

<sup>4</sup> Smith (1995) ofrece una amplia discusión sobre los efectos o comportamientos no deseados derivados de la utilización de indicadores en el sector público.

la gestión y el control externo, o para formar parte de un sistema de asignación de los recursos públicos. Estos usos alternativos no se identifican generalmente de forma separada y con frecuencia los mismos instrumentos se utilizan para tratar de alcanzar diferentes objetivos (Propper y Wilson, 2003). Sin embargo, resultaría necesario definir claramente los objetivos que se persiguen para así poder adoptar el tipo de indicador más adecuado, ya que la información requerida en cada caso puede ser diferente en función del objetivo a alcanzar.

En las dos últimas décadas se aprecia una evolución en los objetivos perseguidos por los indicadores de gestión. Según Mannion y Goddard (2000) el objetivo inicial era principalmente el control interno de la gestión de las agencias públicas mientras que, en la actualidad, se pretende incrementar la transparencia y el control externo, proporcionando información relevante a los usuarios de los servicios públicos. Por otra parte, los sistemas de indicadores se han utilizado también de forma creciente para establecer relaciones contractuales con proveedores externos y, en los últimos años, la actual administración laborista del Reino Unido ha establecido en algunos casos relaciones entre los resultados obtenidos por las agencias y los sistemas de incentivos y de financiación de las unidades<sup>5</sup>.

Las exigencias informativas de los indicadores varían en función de los objetivos perseguidos, de forma que a medida que los sistemas de indicadores persiguen objetivos cada vez más ambiciosos, las necesidades de información van siendo mayores. En este sentido se observa una evolución desde la mera recogida de datos administrativos, y su publicación en forma resumida a través de los indicadores, hasta el desarrollo de sistemas de indicadores derivados de un análisis en profundidad del proceso y los resultados de la agencia que se evalúa. Evidentemente, los costes de obtención de datos se reducen cuando se utilizan registros administrativos, si bien el tipo de indicadores que puede obtenerse a partir de estos datos es relativamente limitado<sup>6</sup>. Por su parte, la realización de análisis en profundidad

<sup>5</sup> Ejemplos de ello los encontramos en los esquemas de incentivos organizativos a equipos de trabajo establecidos en algunos departamentos ministeriales (Makinson, 2000) o el aplicado desde 2003 por el National Health Service que, sobre la base de un conjunto de 35 indicadores, establece cuatro niveles de actuación de los hospitales y premia con mayor financiación y autonomía a los mejores y castiga a los peores con el cambio de los gerentes (Department of Health, 2003).

<sup>6</sup> Una aplicación de la utilización de registros administrativos para construir indicadores de gestión en el ámbito de los servicios sociales, así como un análisis detallado de los problemas y limitaciones que pueden aparecer al utilizar este tipo de datos, puede encontrarse en Ayala *et al.* (2003).

requiere la existencia de agencias u organismos especializados que lleven a cabo dichas evaluaciones. Este tipo de evaluaciones se realiza de forma habitual en los países anglosajones desde comienzos de la década de los ochenta y, dados los costos y los esfuerzos que representa para la Administración la elaboración de estos indicadores, suelen utilizarse como base para establecer mecanismos de incentivos o para hacer depender –de forma total o parcial- la financiación de las agencias evaluadas de los resultados obtenidos. Por último, los indicadores pueden obtenerse también contemplando la opinión de los usuarios mediante la realización de encuestas específicas destinadas a este fin. Éste es, por ejemplo, el caso de los indicadores de calidad del sistema sanitario en los Estados Unidos, por que se construyen a partir de las respuestas de los pacientes sobre diversos aspectos de la atención médica que reciben. Aunque se trata de un método costoso, estas encuestas pueden diseñarse de tal manera que recojan información como la valoración subjetiva de los clientes sobre la calidad de los servicios recibidos, la utilidad percibida de la actuación de los profesionales de los centros o el trato recibido.

Por otra parte, las exigencias informativas aumentan también a medida que avanzamos a lo largo del proceso productivo. Basándonos en la clasificación establecida por Koshel (1997) y teniendo en cuenta las distintas fases del proceso productivo y la relación entre sus elementos, resulta útil clasificar los indicadores de gestión en indicadores de recursos, de capacidad, de proceso, de resultados y de eficiencia.

- i) *Indicadores de recursos (inputs)*. Proporcionan información sobre los recursos empleados en el proceso productivo. Entre los recursos no financieros destacan las dotaciones tanto de capital como de trabajo, si bien con frecuencia se consideran únicamente las de trabajo dado el carácter intensivo de buena parte de los servicios públicos en ese factor y su mayor facilidad de cálculo.
- ii) *Indicadores de capacidad*. Son básicamente ratios que relacionan la dotación de recursos con la población total o ajustada para reflejar aquella parte de la población a la que se destina específicamente la correspondiente actuación pública. Detrás de la población total o ajustada está la idea de demanda o necesidad de gasto en ese servicio. En ese sentido parece conveniente considerar la población en edad escolar para los servicios educativos, la de mayor edad para los servicios médicos o la parada para los programas de formación e inserción laboral.

- iii) *Indicadores de proceso*. Con ellos se pretende recoger el número de actuaciones más o menos específicas desarrolladas por las agencias para cumplir los objetivos que tienen asignados. Por ejemplo, en el caso de los servicios administrativos se podría considerar el número de expedientes gestionados por la agencia o el número de solicitudes atendidas, o en el caso de los servicios hospitalarios el número de pacientes atendidos en cada servicio o el número de pruebas diagnósticas realizadas por las distintas áreas del hospital.
- iv) *Indicadores de resultados (outputs)*. Se centran en la última fase del proceso productivo y pretenden mostrar en qué medida se alcanzan los objetivos propuestos y en última instancia cuáles son las consecuencias sobre el bienestar de los ciudadanos atribuibles a la actuación de las agencias públicas. Algunas cuestiones relacionadas con los indicadores de resultados se analizarán más detenidamente en el apartado siguiente.
- v) *Indicadores de productividad o eficiencia*. Se puede ser eficaz en la consecución de un objetivo y al mismo tiempo hacerlo con un notable derroche de recursos, es decir, siendo poco eficiente. Estos indicadores tratan de aproximarnos a la idea de productividad y eficiencia relacionando los resultados obtenidos con los recursos utilizados.

El avance desde los indicadores de recursos hasta aquellos otros más próximos a la idea de productividad o eficiencia precisa no sólo sistemas de información cada vez más exigentes sino que supone dificultades crecientes en términos de medición. Las medidas de inputs, de capacidad o de proceso son muy utilizadas ya que requieren una información menos costosa de obtener y se trata de variables relativamente fáciles de medir. Sin embargo, al no considerar los resultados obtenidos no proporcionan ninguna información sobre la efectividad de la actuación pública que se desee evaluar. Por otra parte, el uso de indicadores de recursos o de procesos puede crear incentivos para que las agencias se centren en actividades o programas que requieran menor tiempo con el objetivo de reducir costos o de aumentar el número de actuaciones realizadas, con independencia de los resultados finales obtenidos. En ocasiones los indicadores de proceso se asemejan a indicadores de outputs intermedios y, cuando el esquema de indicadores no se diseña correctamente, esa atención al proceso o a los objetivos intermedios podría desviarnos de la idea del objetivo final a alcanzar. Como señala Spottiswoode (2000), en el caso de los servicios de policía, que tienen

encomendadas tanto labores de prevención y disuasión del delito como de la captura de los delincuentes, un indicador que refleje el número de detenciones puede resultar de poca utilidad ya que un aumento o disminución en el mismo puede indicar tanto una mejora en una de las labores como un empeoramiento en la otra. Algo similar sucede en el ámbito sanitario ya que los avances médicos podrían reducir el número de intervenciones necesarias y resultaría erróneo asociar menores intervenciones a una reducción del output. En estos casos los gestores podrían centrar sus esfuerzos en aumentar dichos outputs intermedios olvidando el objetivo asociado a él, lo que daría lugar a un problema de “fijación de mediciones”, es decir, a una atención prioritaria a las medidas establecidas en el sistema de control frente al objetivo subyacente a dichas medidas.

A pesar de estos problemas, no deberían despreciarse los indicadores de proceso frente a los de resultados y eficiencia, tanto por la dificultad de obtener una medida robusta del resultado en el ámbito público como por el interés que los indicadores de proceso tienen en determinados contextos para los propios usuarios del servicio por su relación con factores de calidad (listas de espera en sanidad, tiempo de respuesta en bomberos, dilación en justicia, etc.). Por otra parte, si bien la utilización de los indicadores de proceso como instrumentos de evaluación plantea problemas al no considerar los resultados finales derivados de una actuación, estos indicadores pueden proporcionar una información muy valiosa para analizar una actuación determinada, haciéndose en todo caso necesario comprender mejor las relaciones entre los procesos y los resultados finales con el objetivo de asegurar que el control del proceso conduzca a mejoras en los resultados.

#### **IV. DIFICULTADES DE MEDICIÓN Y ATRIBUCIÓN DEL OUTPUT PÚBLICO**

Aunque no siempre resulta fácil construir indicadores de recursos y procesos, las mayores dificultades se presentan a la hora de definir y valorar el output público y de atribuir los resultados obtenidos a la actuación exclusiva de las agencias evaluadas. A continuación se discuten algunos de los problemas de medición y atribución del output público derivados de su carácter multidimensional, del horizonte temporal que se considere y de la existencia de outputs conjuntos y de factores productivos no controlables por las agencias, prestando también atención a los incentivos no deseados que puede generar la introducción de un sistema de indicadores con relación a esas variables.

#### **IV.1. Carácter multidimensional del output y multiplicidad de objetivos**

El carácter multidimensional del output público y la ausencia de mercado para el mismo hacen que éste sea difícil de definir en teoría y de medir en la práctica. Como consecuencia de ese carácter multidimensional nos encontraremos con diversos outputs que tratan de aproximar el output final. Así, si consideramos por ejemplo el sector educativo podríamos encontrar outputs tan diversos como el conocimiento de las distintas materias, la reducción del absentismo escolar o el comportamiento y las actitudes de los alumnos. Algunos de estos aspectos presentan mayores dificultades de medición (como sucede en general con aquellos aspectos relacionados con la calidad del servicio), lo que puede hacer que el sistema de indicadores se centre en aquellas dimensiones relativamente más fáciles de cuantificar en perjuicio del resto de dimensiones. Este problema de concentración de los esfuerzos en determinados objetivos en detrimento de otros es lo que se conoce como “visión de túnel” (Smith, 1995). Un ejemplo de ello lo encontramos en el énfasis que se ha puesto en valorar y recompensar el progreso en lectura y escritura en las escuelas del Reino Unido, lo que ha distraído la atención de los profesores de aspectos relacionados con el comportamiento cívico o la reducción del absentismo escolar no contemplados por el sistema de indicadores (Fitz-Gibbon, 2000).

Por otra parte, el output público habrá de inferirse a partir de un conjunto de actividades ofrecidas por las agencias, con lo que nos encontraremos con *proxies* del output final que con frecuencia podrían asimilarse a outputs intermedios. Así, si tratamos por ejemplo de evaluar un programa de formación para desempleados podríamos tomar como medida del resultado el número de personas formadas, aunque esta medida no reflejaría el objetivo final del programa ya que estas personas podrían o no encontrar un empleo de acuerdo con esa formación, o bien encontrar un empleo inestable o con una baja remuneración. De esta forma, aun cuando consideremos varias dimensiones del output, éstas difícilmente reflejarán con precisión los objetivos últimos de la actuación pública, lo que nos podría conducir al problema de “fijación de mediciones” comentado anteriormente al discutir los indicadores de proceso.

Una forma de mitigar estos problemas es incrementar el número de indicadores con los que se evalúa la actuación de una agencia pública. Contar con un mayor número de medidas evitaría además las inferencias poco ajustadas a la realidad a las que puede dar lugar un único indicador

y proporcionaría una mayor información a la hora de valorar la actuación pública. Sin embargo, el uso de una gran cantidad de indicadores también plantea problemas ya que un número elevado de indicadores puede desviar la atención de los agentes y desincentivar así su esfuerzo gestión. Por otra parte, la utilización de múltiples indicadores puede dar lugar a resultados contradictorios de forma que no habrá una única ordenación de las agencias debido al carácter parcial de los indicadores, que se centrarán necesariamente en aspectos específicos del comportamiento de las agencias<sup>7</sup>.

Se plantea así un posible *trade-off* entre la utilización de un gran número de indicadores y el uso de un número reducido de ellos, que si bien limita el volumen de información hace que su interpretación resulte más sencilla. A la hora de valorar la actuación de una agencia pública, y más aún, si el sistema de indicadores va asociado a un esquema de incentivos o a un sistema de asignación de recursos, probablemente sería deseable contar con un valor escalar derivado de ese sistema de indicadores. Sin embargo, la obtención de una medida global conlleva dificultades derivadas de la multiplicidad de objetivos (consecuencia del carácter multidimensional del output) y de la multiplicidad de principales. En general, tanto los diseñadores del sistema de indicadores como los usuarios finales están interesados en vectores de resultados y probablemente la ponderación que cada principal otorgará a los distintos resultados será diferente. Si el sistema de indicadores va asociado a un sistema de asignación de recursos entre las agencias, la información que proporcionan los distintos indicadores debería agregarse de forma que reflejara la tasa marginal de sustitución del diseñador del sistema de indicadores entre los diferentes componentes del vector de resultados. Sin embargo, si el objetivo del sistema de indicadores es favorecer la transparencia y aumentar el control externo, o bien proporcionar mayor información a los usuarios para favorecer formas limitadas de competencia según la demanda de los usuarios, entonces los resultados de cada componente deberían estar a disposición de los usuarios finales de forma desagregada de forma que ellos pudieran aplicar sus propias ponderaciones a partir de sus tasas marginales de sustitución. Por lo tanto, la agregación o no de la información proporcionada por los distintos indicadores parciales debería estar sujeta a las necesidades informativas que se deriven de los propios objetivos del sistema de indicadores, debiendo en cualquier caso tener en cuenta las exigencias que impone la obtención de un índice global, tanto en

<sup>7</sup> Wilson (2003) ofrece ejemplos de resultados contradictorios en las ordenaciones de las escuelas británicas en función del tipo de indicador utilizado.

relación con la coincidencia de objetivos como en la jerarquía de los mismos y en la coincidencia de los pesos relativos otorgados a cada una de las dimensiones del output público por parte de los distintos principales implicados.

#### **IV.2. Horizonte temporal**

Muchos de los efectos de las actuaciones públicas se manifiestan en el mediano y largo plazo. Si el sistema de indicadores se aplicara en un horizonte temporal muy limitado podrían plantearse problemas de atribución de resultados y los agentes tendrían incentivos para centrar sus esfuerzos en objetivos de corto plazo en detrimento de aquellos objetivos de mediano y largo plazo. Este problema se conoce como “miopía temporal” y puede verse agravado por el hecho de que muchos de los gestores lo son durante un periodo de tiempo relativamente corto. Por lo tanto, para realizar una adecuada evaluación de los resultados de una actuación pública sería necesario contar con un esquema de indicadores durante un periodo temporal lo suficientemente amplio, lo que contribuiría a descontar las consecuencias de actuaciones pasadas de los resultados que se obtienen en un momento dado y permitiría apreciar las consecuencias futuras de las actuaciones actuales, reduciendo así los incentivos de los agentes a concentrar sus esfuerzos en objetivos de corto plazo. La utilización de un sistema de indicadores en un horizonte temporal amplio permitiría además reducir los posibles errores de medida y facilitaría una evaluación continuada de las agencias, proporcionando información sobre las posibles mejoras en la actuación de las mismas a lo largo del tiempo.

#### **IV.3. Outputs conjuntos**

Otro problema de atribución de resultados se deriva de la existencia de outputs conjuntos, es decir, de outputs obtenidos a partir de la actuación conjunta de diversas agencias. Un ejemplo ilustrativo sería considerar un indicador de delincuencia, cuyo resultado sería el fruto de la actuación conjunta de servicios tan diversos como policía, justicia, educación y formación, servicios sociales, etc. En estos casos, cada una de las agencias implicadas es responsable sólo parcialmente del resultado obtenido, lo que plantea problemas a la hora de determinar cuál es la contribución de cada una de ellas al mismo. Esta dificultad hará que éstas no tengan incentivos suficientes para incrementar el esfuerzo que destinan a aquellas dimensiones

que requieren una actuación conjunta, sino que por el contrario existirán incentivos para que actúen como *free-riders*, conduciendo a resultados que no serán óptimos desde el punto de vista social. El problema de atribución de resultados podría mitigarse elaborando indicadores *interface* que tengan en cuenta la actuación conjunta de las agencias implicadas mientras que el diseño de incentivos a nivel de grupo podría reducir el problema de *free-riding* y promover el esfuerzo y la cooperación entre las agencias<sup>8</sup>.

#### IV.4. Factores no controlables

La existencia de inputs que afectan al resultado de las agencias y al mismo tiempo están fuera de su control plantea problemas específicos. La existencia de estos factores es común a buena parte de los servicios públicos, como sucede por ejemplo con la educación, donde los indicadores obtenidos suelen estar más relacionados con las características socioeconómicas y la capacidad de los alumnos que con los recursos empleados por los propios centros educativos (Coleman *et al.* 1966). En este caso, si no se descuentan estos factores de los resultados al evaluar la actuación de los centros educativos, podría producirse un desinterés por parte de los centros más desfavorecidos en esos inputs por mejorar la prestación del servicio. Por otra parte, si los centros pudiesen seleccionar en alguna medida el tipo de alumnado, de forma que este factor no fuese totalmente exógeno, podrían producirse efectos de *cream skinning* o preselección de clientes. Esto es lo que parece haber sucedido tanto en las escuelas de EE.UU., con la reclasificación de los peores estudiantes para que no realicen los tests que se utilizan para calcular los indicadores (Cullen y Reback, 2002), como en el Reino Unido, donde los procedimientos de admisión se complican con el objetivo de que sólo determinados tipos de estudiantes (y padres) estén interesados en la escuela (West y Pennell, 2000). Esta práctica selectiva en función del tipo de alumnado puede generar importantes daños para la equidad del sistema. En este sentido, Bradley y Taylor (2002) encuentran que las reformas en el Reino Unido han mejorado los resultados de los centros (si se mide el output según las calificaciones de los exámenes) pero han aumentado la segregación social.

Además de estos comportamientos no deseados, la existencia de

<sup>8</sup> El análisis de incentivos de grupo en el sector público se ha desarrollado en mayor medida a nivel interno de las agencias y no entre las agencias mismas, habiéndose aplicado con éxito al menos a nivel de grupos pequeños (véase Burgess *et al.*, 2004). Para una revisión de los incentivos propuestos para mitigar los problemas de *free-riding* en el sector público véase Ratto *et al.* (2001).

inputs no controlables plantea un problema de atribución de resultados ya que a la hora de valorar la actuación de una agencia pública habrá que descontar los efectos que se derivan de aquellos factores que quedan fuera del control de la misma, valorando así los resultados obtenidos como consecuencia exclusivamente de la actuación que se evalúa. En este sentido resulta útil la clasificación de Barnow (1992) distinguiendo entre resultados brutos, que miden el resultado obtenido aunque no necesariamente como consecuencia de la actuación que se trata de evaluar, y resultados netos, que son medidas del valor añadido de la actuación sobre los resultados<sup>9</sup>. Estas medidas de resultados netos plantean mayores dificultades metodológicas para su obtención ya que requerirían poder llevar a cabo una simulación que indicara cuál habría sido el resultado obtenido en ausencia de la actuación que se trata de evaluar para poder comparar este resultado con el realmente obtenido. En la práctica, generalmente se trata de ajustar los resultados para descontar aquellos factores no controlables que inciden en los mismos<sup>10</sup>. Así, en los programas de formación y empleo, por ejemplo, se ajustarían los resultados en función de las condiciones socio-económicas locales, o en los programas de salud se ajustarían en función de las condiciones de riesgo de la población atendida.

Adoptando una perspectiva dinámica, Kane y Staigner (2002) identifican tres tipos de medidas generalmente utilizadas en el ámbito educativo: medidas en niveles, cambios y ganancias. Las medidas en niveles se refieren a los resultados obtenidos por una cohorte de individuos en un momento temporal específico y generalmente se expresan como el porcentaje de individuos que han alcanzado un determinado nivel; son por tanto medidas de resultados brutos ya que no descuentan los efectos de variables no controlables que pueden estar detrás de esos resultados. Las medidas de cambio proporcionan información sobre la mejora de sucesivas cohortes de alumnos en el mismo grado o nivel educativo y en la misma escuela a lo largo del tiempo. Estas medidas tratan de reflejar las mejoras en la actuación de los centros y se aproximarían a las medidas de resultados netos siempre que el tipo de alumnado del centro no varíe a lo largo del tiempo. En caso contrario, si las características socio-personales del alumnado varían, las diferencias

<sup>9</sup> Cabe señalar que no se trata de medidas de valor agregado en sentido estricto, ya que no se consideran los costos de la actuación, sino de medidas que tratan de valorar la contribución de una determinada actuación a los resultados.

<sup>10</sup> Existen diversas alternativas más o menos sofisticadas para descontar estos factores, desde regresiones lineales múltiples hasta la agrupación de las unidades que presentan una dotación similar de esos factores como paso previo a su comparación.

entre los resultados obtenidos en dos momentos de tiempo podrían deberse tanto a mejoras o empeoramientos en la actuación de la escuela como a cambios en las características del alumnado, de manera que en este caso no se estarían descontando los factores no controlables de los resultados obtenidos. Por último, las medidas de ganancias tratan de medir el progreso de una cohorte de individuos entre dos momentos de tiempo. Se trata por tanto de medidas de valor agregado o resultados netos que tratan de aislar el impacto de la actuación del centro sobre el progreso del alumno, descontando aquellos factores que quedan fuera del control del centro como pueden ser los conocimientos previos, el entorno familiar u otras características personales de los alumnos.

Las medidas de resultados en niveles o cambios pueden generar incentivos para que los centros se comporten de forma estratégica, centrando sus esfuerzos en aquellos alumnos situados al margen de obtener un determinado resultado<sup>11</sup> y despreocupándose de aquellos que se encuentran en los extremos de la distribución y por tanto más alejados del resultado requerido; esto es lo que parece haber sucedido en el caso del Reino Unido al emplear como indicador el número de alumnos aprobados (Gillborn y Youdell, 2000). Por su parte, las medidas en ganancias presentan varias ventajas ya que, además de aislar los resultados de la actuación pública al descontar –al menos en parte– los factores no controlables, reducen los incentivos para que los centros se comporten de forma estratégica en relación tanto con el problema de *cream skimming* como con el de concentración de esfuerzos en aquellos individuos que se sitúan en el margen de un determinado resultado.

Aun cuando las medidas de ganancias resultan más adecuadas que las medidas en niveles o cambios para valorar la actuación de una agencia pública, sería necesario además considerar cuáles son aquellos factores que sí controla la propia agencia para llevar a cabo una correcta evaluación de su actuación. Esto nos llevaría a la utilización de indicadores de eficiencia que relacionaran los resultados obtenidos con los recursos utilizados. En este sentido, las medidas de resultados netos, o valor agregado sobre los resultados, al no tener en cuenta los recursos que emplean las agencias, no proporcionan información sobre la eficiencia de su actuación, haciéndose

<sup>11</sup> Ya sea con los estándares establecidos al diseñar los indicadores en niveles o tomando como referencia los resultados obtenidos inicialmente si consideramos indicadores de cambio.

necesario contar con una medida de resultados neta de costos, es decir, una medida que refleje la eficiencia con la que actúan las agencias públicas<sup>12</sup>.

Además de la complejidad creciente (en términos tanto metodológicos como de la información requerida) que conlleva pasar de medidas en niveles a medidas de ganancia o más aún de eficiencia, a la hora de adoptar uno u otro tipo de medidas no debería olvidarse cuáles son los objetivos perseguidos por el sistema de indicadores y a quién se dirige la información que éstos proporcionan. Probablemente el usuario final del servicio esté más interesado en la información que proporcionan los indicadores de resultados que los de eficiencia<sup>13</sup>. En el ámbito educativo, por ejemplo, si existe la posibilidad de que los padres elijan el centro en el que estudiarán sus hijos, parece probable que éstos estén interesados en los resultados que se obtienen en cada centro (ya sean resultados en niveles o como medidas de valor agregado) y a la hora de elegir un centro valorarán negativamente aquellos que obtienen peores resultados, con independencia de que esos centros puedan estar actuando de forma eficiente y esos peores resultados se deban a una insuficiencia de recursos. Por lo tanto, si el sistema de indicadores tiene por objetivo favorecer un funcionamiento de cuasimercado, y en consecuencia la información se dirige a los usuarios del servicio, los indicadores de resultados podrían proporcionar una información adecuada. Sin embargo, otros principales, como pueden ser los contribuyentes o los gestores políticos, estarán interesados no sólo en los resultados obtenidos, sino en conocer si los recursos públicos se gestionan eficientemente. Si los indicadores tratan de ofrecer información con un objetivo de gestión -que podría llevar en su caso a establecer un sistema de incentivos o de asignación de recursos entre las agencias- será necesario contar con alguna medida de la eficiencia con la que actúan los centros, debiendo tener en cuenta la heterogeneidad de los recursos (tanto controlables como no controlables) para evaluar correctamente la actuación de las agencias.

<sup>12</sup> En Cordero *et al.* (2005) se calculan índices de eficiencia en el ámbito educativo ajustados por la existencia de inputs no controlables, utilizando para ello un amplio abanico de opciones a partir del Análisis Envolvente de Datos.

<sup>13</sup> En cualquier caso, si el uso de estos indicadores favorece los comportamientos competitivos, este funcionamiento de cuasimercados puede conducir en muchas ocasiones a progresos concretos en términos de eficiencia (Girard y Minvielle, 2002).

## V. CONCLUSIONES

El uso de indicadores de gestión en el ámbito público se ha extendido en las últimas décadas con el objetivo de valorar la actuación de las agencias públicas y contribuir a mejorar su funcionamiento y la eficiencia con que éstas operan. La utilización de un sistema de indicadores puede dar lugar a beneficios de diversa índole. En primer lugar, la introducción de un sistema de indicadores permite identificar y concretar los objetivos a alcanzar, sirviendo además como instrumento para transmitir a los agentes cuáles son esos objetivos y las prioridades que se establecen entre ellos, lo que facilitaría, en su caso, la introducción de un sistema de incentivos que tratara de hacer confluir los objetivos de principales y agentes<sup>14</sup>. Por otra parte, las medidas que proporcionan los indicadores permitirán a los gestores públicos obtener una mayor información sobre la actuación de las agencias, reduciendo así la asimetría de información que se deriva del problema de agencia. Esta mayor información debería contribuir además a un mejor conocimiento de los procesos productivos de los servicios públicos, identificando aquellos factores exógenos que intervienen en los mismos y las relaciones que se observan entre inputs y outputs, de forma que un mayor control del proceso productivo conduzca a mejoras en los resultados obtenidos. Por último, la publicación de la información que proporcionan los indicadores contribuye a una mayor transparencia en la actuación de las agencias, favoreciendo una mayor responsabilidad de las mismas y un mayor control por parte de los usuarios de los servicios públicos.

A pesar de estas ventajas, la utilización de un sistema de indicadores en el sector público no está exenta de problemas<sup>15</sup>. En este trabajo se han discutido las principales limitaciones que pueden surgir a la hora de diseñar e implementar un sistema de indicadores para valorar la actuación pública, en relación tanto con la información que un esquema de indicadores debe proporcionar en función de cuáles sean los objetivos perseguidos como con los incentivos no deseados que puede generar el uso de los indicadores de gestión. La experiencia de los países que han sido pioneros en implementar

<sup>14</sup> A pesar de las divergencias que generalmente existen entre los objetivos del principal y los del agente, Smith y Goddard (2003) señalan que la función de utilidad del agente suele ser flexible, con lo que una cultura organizativa adecuada podría tener como consecuencia un mayor ajuste entre los objetivos del principal y los del agente.

<sup>15</sup> En Smith y Goddard (2003) se discuten algunas ventajas adicionales y los principales problemas que se derivan de la utilización de indicadores de gestión en el ámbito público.

sistemas de indicadores de gestión en el ámbito público nos ha servido para identificar algunos de estos problemas y analizar cuál ha sido su evolución en los últimos años, incorporando algunas de las recomendaciones discutidas para mitigar esos problemas. Esta experiencia puede así servir de base para aquellos otros países en los que el uso de indicadores de gestión en el ámbito público se encuentra aún en una fase inicial.

Los sistemas de indicadores más exigentes en sus objetivos suponen no sólo mayores costos directos para su implementación sino también una mayor probabilidad de que se observen comportamientos no deseados por parte de los agentes. La información inicialmente disponible no será suficiente para obtener medidas adecuadas de la actuación pública, lo que exige nuevos sistemas de información que sirvan de base para el cálculo de los indicadores y que permitan considerar aquellos factores exógenos a la actuación de las agencias y tener en cuenta también los aspectos relacionados con la calidad de los servicios. Estas mayores exigencias informativas, unidas a los incentivos no deseados que se pueden generar, aconseja prudencia a la hora de definir los objetivos que se pretenden alcanzar con la introducción de un sistema de indicadores (y en consecuencia con su diseño e implementación), por lo que un avance desde los objetivos de gestión y control interno hasta un control externo por parte de los usuarios de los servicios o la introducción de esquemas de incentivos asociados a los indicadores debería realizarse de forma progresiva, sin olvidar las dificultades en términos de costos tanto directos como indirectos que conlleva en cada caso la utilización de un sistema de indicadores.

## VI. REFERENCIAS

- Ayala, L., Pedraja, F. y Salinas, J. (2003): "Indicadores de gestión de los programas de lucha contra la pobreza". *Papeles de Economía Española*, nº 95. Pp 244-260.
- Barnow, B.S. (1992): "The effect of performance standards on State and Local programs", en Manski, C. y Garfinkel, L. (eds.): *Evaluating Welfare and Training Programme*. Cambridge MA. Harvard University Press.
- Bénabou, R. y Tirole, J. (2003): "Intrinsic and extrinsic motivation". *Review of Economic Studies*. Vol.70. Pp. 489-520.
- Bradley, S. y Taylor, J. (2002). "The effect of the quasi-market on the efficiency-equity trade-off in the secondary school sector". *Bulletin of Economic Research*. Vol. 54. Pp. 295-314.

- Burgess, S. y Ratto, M.L. (2003): "The role of incentives in the public sector: issues and evidence". *Oxford Review of Economic Policy*. Vol. 19, nº 2. Pp. 285-300.
- Burgess, S., Propper, C., Ratto, M., y Tominey, E. (2004): "Incentives in the Public Sector: Evidence from a Government Agency". CMPO, University of Bristol Working Paper 04/103.
- Coleman, J.S. et. al (1966): "*Equality of Education Opportunity*", Washington, DC; US. GPO.
- Cordero, J.M., Pedraja, F. y Salinas, J. (2005): "Eficiencia en educación secundaria e inputs no controlables: sensibilidad de los resultados ante modelos alternativos". *Hacienda Pública Española*. Pendiente de publicación.
- Cullen, J. y Reback, R. (2002): "Tinkering Toward Accolades: School Gaming under a Performance Accountability System". Working paper. University of Michigan.
- Department of Health (2003): *Raising Standards: Improving Performance in the NHS*. Department of Health. Londres. Reino Unido.
- Dixit, A. (2002): "Incentives and organizations in the Public Sector: An Interpretive Review". *Journal of Human resources*. Vol 37, nº 4. Pp 696-727.
- Fitz-Gibbon, C. (2000): "Education: realising the potencial", en Davis, H. Nutley, S. Y Smith, P. (Ed.), *What Works: Evidence Bsed Policy and Practice in Public Serces*, The Policy Press, Bristol.
- Gillborn, D. y Youdell, D. (2000), *Rationing Education*, Open University Press, Buckingham.
- Girard, J.F. y Minvielle, E. (2002): "Measuring up: lessons and potential", en "*Measuring up: improving Health System Performance in OECD Countries*". Francia. OECD.
- González-Páramo, J.M y Onrubia, J. (2003): "Información, evaluación y competencia al servicio de una gestión eficiente de los servicios públicos". *Papeles de Economía Española*, nº 95. Pp 2-24.
- Kane, T.G., y Staigner, D.O. (2002): "The promise and pitfalls of using imprecise school accountability measures". *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 16, nº4. Pp.91-114.
- Koshel, J. (1997): *Indicators as tools for managing and evaluating Programs at the National, State, and Local levels of Government: Practical and Theoretical Issues*. Institute for Research on Poverty, Special Report nº73.
- Makinson, J. (2000): *Incentives for change. Rewarding Performance in National Government Networks*. Public Service Productivity Panel. London, H.M. Treasury.

- Mannion, R. y Goddard, M. (2000): “*The impact of Performance Measurement in the NHS. Report 3: Performance Measurement Systems – A Cross-sectoral Study*”. Report prepared for the Department of Health, Centre for Health Economics. University of York.
- Milgrom, P. y Roberts, J. (1992): *Economics, Organization and Management*. New Jersey. Prentice Hall.
- Propper, C. y Wilson, D. (2003): “The use and usefulness of Performance Measures in the Public Sector”. *Oxford Review of Economic Policy*, Vol 19, nº 2. Pp 250-267.
- Ratto, M., Burgess, S., Croxson, B., Jewitt, I. y Propper, C. (2001): “Team-Based Incentives in the NHS: An Economic Analysis”. CMPO, University of Bristol Working Paper 01/37.
- Smith, P. (1995): “On the unintended consequences of publishing performance data in the Public Sector”. *International Journal of Public Administration*. Vol 18, nº 2/3. Pp 277-310.
- Smith, P. y Goddard, M. (2003): “Los Indicadores de Gestión en el Sector Público: fortalezas y limitaciones”. *Papeles de Economía Española*, nº 95. Pp. 35-46.
- Spottiswoode, C. (2000): *Improving police performance: a new approach to measuring police efficiency*. Public Services Productivity Panel: London.
- Wilson, D. (2003): “Which ranking? The use of alternative performance indicators in the English secondary education market”. CMPO, University of Bristol, Working Paper 03/058.
- West, A. y Pennell, H. (2000): “Publishing school examination results in England: incentives and consequences”. *Educational Studies*. Vol. 26(4). Pp. 423-436.

## Observatorio de Política

---

Esta Sección incluye artículos que discuten en forma rigurosa, pero no técnica, temas corrientes de política económica que son de interés por su vinculación al mundo real, aún cuando la literatura económica no los haya todavía incorporado definitivamente y artículos que presentan contenidos teóricos resultados empíricos con un formato de política relevante. Como en todas las revistas en que esta Sección se incluye, un objetivo a destacar es que la misma permite acercar a los investigadores académicos con los formuladores de política aportando, respectivamente unos y otros, desarrollos teórico-conceptuales y empíricos importantes y claridad e información sobre las prioridades de política. Los artículos enviados para esta Sección están sujetos a los procedimientos normales de referato de la Revista.





## **Globalización, tecnología y crecimiento de la agricultura mundial 2006-2015**

**FERNANDO SONNET**

Instituto de Economía y Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba  
fsonnet@eco.unc.edu.ar

### **I. INTRODUCCIÓN**

A poco de iniciarse la era pos moderna el mundo está mostrando cambios profundos en todos los ámbitos del sistema social. Estas transformaciones entrañan fenómenos de distinta naturaleza que afectan la vida del hombre y el bienestar de la sociedad; en este escenario se ponen de relieve los problemas en el equilibrio de los poderes, la propiedad, la distribución de los recursos y el esfuerzo productivo.

La lucha por el liderazgo económico en el mundo actual está centrada en el despliegue de estrategias fundamentadas en el conocimiento (A. Toffler, 1999); el poder de las naciones en el futuro dependerá del valor agregado y del esfuerzo intelectual que el ser humano sea capaz de incorporar en los bienes y servicios. ¿Cómo se viene manifestando, entonces, la economía de la era pos moderna? Una serie de rasgos sobresalientes aparecen en los fenómenos de las instituciones del sistema social: la actividad cada vez más intensa en el campo científico y tecnológico y su transferencia casi simultánea a las actividades productivas; la capacitación permanente de la mano de obra en todos los sectores productivos; la generación de software muy sofisticados que acortan y sintetizan los procesos; los nuevos sistemas de control de gestión y de calidad en las organizaciones y las comunicaciones cada vez más veloces y fluidas.

Las actividades agrícolas que se llevan a cabo en la mayoría de los países industrializados y países emergentes, no están ajenas a estos fenómenos. No sólo los progresos en el campo científico y tecnológico han transformado notablemente la agricultura en las últimas dos décadas; se advierte un fenómeno de revalorización de esa actividad por parte de las instituciones ligadas al aprovechamiento del suelo, el clima y las condiciones tecnológicas subyacentes. Hoy en día no es ya sorprendente observar productores trigueros asociados en la cadena de industrialización del grano y en la producción y distribución de productos y subproductos que llegan a los consumidores finales; lo mismo podríamos señalar con el fenómeno de la cadena de la carne. Tampoco nos llama la atención observar que los agricultores realicen operaciones para vender sus cosechas en los mercados de futuros y opciones de los commodities. Mucho menos nos parece extraño encontrar anuncios de publicidad de maquinarias agrícolas que incorporan computadoras que facilitan y hacen más precisas sus funciones con relación al suelo, el trabajo humano, los insumos y productos resultantes.

En este ensayo se propone efectuar algunos comentarios acerca de los desafíos de la agricultura argentina y del mundo en el contexto económico de la próxima década. En particular, vamos a considerar aquellos bienes exportables que tienen una relevancia crucial en el resultado del comercio exterior de la Argentina. El complejo cerealero y oleaginoso aporta en divisas, algo más de 8 mil millones de dólares por año y los productos de la ganadería y demás provenientes del reino animal 2,5 mil millones. En el primer grupo la soja, el girasol, el trigo y el maíz son los protagonistas. En el segundo grupo, el pescado y los mariscos representan alrededor un mil millones de dólares anuales, seguidos de la carne vacuna con 700 millones y los lácteos 300 millones.

Las cifras señaladas conducen a una serie de interrogantes en torno a la evolución que podría experimentar el potencial exportador de Argentina ¿Cómo será la tendencia de las principales variables globales? ¿Cuáles serán las oportunidades y las amenazas para la producción? ¿Cuáles serán las tendencias que mostrarán los principales mercados de los commodities competitivos? ¿Cuál será el nuevo perfil de la división internacional del trabajo de la agricultura en un mundo cada vez más integrado en bloques económicos? ¿Qué papel asumirá el libre comercio en el proceso de la distribución del esfuerzo productivo? ¿Qué papel jugarán las nuevas tecnologías en la disyuntiva de producir alimentos o energía?

## II. ALGUNAS CIFRAS DEL MUNDO POR VENIR

En los próximos diez años la economía mundial continuará con el proceso de crecimiento que viene experimentando desde el inicio del nuevo milenio; sin embargo, ese fenómeno no sería homogéneo pues, las economías de los países en desarrollo mostrarían las mayores tasas de crecimiento. Mientras el crecimiento promedio anual del mundo alcanzaría al 3,2 %, el de los EEUU sería solo del 3,0% y en los países en desarrollo podría llegar al 5 % medio anual.

En cuanto a la población total el ritmo del crecimiento iría en descenso; mientras a principios de los 80' la tasa de proyección fue del 1,7 % anual promedio, para el período 2006-2015 alcanza al 1,1 % anual. Los países en desarrollo también serían protagonistas en cuanto al crecimiento de la población, llegando a nuclear el 81 % del total mundial en el 2015, justamente un 1 % más que en el 2005.

De la comparación de la evolución del producto y de la población de las economías en desarrollo se puede inferir que, en términos globales, habrá un mayor producto per cápita. Se espera que mejore el bienestar, pero esto dependerá de las políticas de distribución y del éxito en las políticas sociales que se instrumenten en los países menos desarrollados.

## III. CRECIMIENTO DE LOS MERCADOS, SUSTITUCIÓN ENERGÉTICA Y AMPLIACIÓN DE LA OFERTA

Las perspectivas de la demanda mundial de productos agrícolas son favorables en los próximos años, lo que beneficiará a los principales países productores de granos y proteínas de origen animal. El fortalecimiento de la demanda provendrá del crecimiento económico internacional y de la población; sin embargo, las áreas más dinámicas serán la China y el Sudeste Asiático debido al mejor standard y calidad de vida que continuará impulsando el progreso económico.

En otro orden, el mundo necesitará de manera cada vez más apremiante, la sustitución de energía proveniente del petróleo por la *bioenergía*. Los Estados Unidos y Brasil están llevando a cabo planes para generar combustibles a partir de materias primas agrícolas, como el etanol del maíz y la caña de azúcar, y el *biodiesel* extraído de los aceites oleaginosos. En los Estados Unidos la Ley de Política Energética del año 2005, ordena y regula la producción de combustibles sobre bases renovables; un ejemplo es el caso de

la producción de etanol a partir del grano de maíz. En Brasil se viene produciendo alcohol de la caña de azúcar desde hace muchos años.

A pesar del crecimiento económico esperado, el nivel del ingreso per cápita de los productores agrícolas se mantendrá relativamente estable en el período 2006-2015 según el Departamento de Agricultura de la Estados Unidos. Esta situación puede sostenerse debido a que los gastos de explotación crecerán a valores constantes y los subsidios directos a la producción irán reduciéndose en los países con proteccionismo agrícola. Estos dos fenómenos actuarán de manera negativa sobre el crecimiento del ingreso de los agricultores que ocurrirá como resultado de la expansión de la demanda.

En cuanto al intercambio comercial de productos de origen agrícola seguirá prevaleciendo una fuerte competitividad global debido al crecimiento del sector en los países tradicionalmente exportadores (Estados Unidos, Canadá, Australia y Argentina) y a la inserción de nuevos y grandes participantes en el mercado mundial de *commodities*; en efecto, Brasil, Rusia, Ucrania, Kazakstán, Rumania, Bulgaria y Serbia vienen experimentando un proceso de inversiones muy significativo para aumentar la producción y lograr el desarrollo integral del sector.

En el caso de Brasil, los planes de extensión de frontera del maíz sobre el territorio del Matto Grosso permitirían alcanzar una producción de 80 millones de toneladas en pocos años. La Argentina produce alrededor de 15 millones de toneladas en cada campaña. Los países que formaban la ex URSS (Rusia, Ucrania y Kazakstán) junto con los países en transición (Rumania, Bulgaria y Serbia) tuvieron exportaciones netas de 7 millones de toneladas anuales entre el 1996 y el 2000. Los primeros ubicados en el área del Mar Negro, alcanzaron exportaciones en el 2001 y 2002 por 25 y 33 millones de toneladas, llegando a representar el 12% y 15 % del comercio mundial de granos. Con las reformas de principios de los 90 y la recuperación del régimen de propiedad privada experimentaron un crecimiento notable de la productividad. Sin embargo, todavía no llegan a los niveles alcanzados en los países de la Europa Central (Hungría, Polonia y República Checa). En síntesis, el área de los países del Mar Negro va a constituir en el futuro un polo regional de exportación (40 millones de toneladas) y se estima que su impacto en el comercio mundial de granos podría alcanzar el 15 %.

En el comercio referido a los productos de origen animal, en cambio, el futuro es más incierto. Los países industrializados continuarán administrando la demanda total y las decisiones en torno a las disposiciones de acceso a mercados -en el marco de los acuerdos de comercio- determinarán

el volumen y la composición de la demanda futura. No obstante, los factores no controlables que le darán una configuración al comercio mundial de las carnes serán: la condiciones sanitarias, el comportamiento del clima y las políticas discrecionales gubernamentales orientadas a los productores.

Las enfermedades BSE (Encefalitis Espongiforme Bovina), AI (Gripe Aviar) y FMD (Fiebre Aftosa) tendrán consecuencias sobre la oferta de ganado y la producción de carnes.

Las políticas de apoyo directo a los productores en ciertas regiones del mundo dará impulso al comercio de granos y harinas para alimentación de ganado; esto ocurrirá en los países que no dispongan de tierras adicionales para cultivar o el clima les sea desfavorable (El Norte del Africa, Medio Oriente, Este y Sureste Asiático).

#### **IV. LOS ESTADOS UNIDOS: ENTRE EL INTERVENCIONISMO Y EL LIBRE MERCADO**

Los mercados mundiales de productos agrícolas y alimenticios operan en contextos de alta competitividad. Los principales participantes son los países con gran capacidad de producción y con excedentes para el intercambio y, en definitiva, son los determinantes del nivel de los precios y volúmenes comercializados. Los Estados Unidos representan alrededor del 20 % del comercio agrícola mundial. Del mismo modo que Argentina, Canadá y Australia, los Estados Unidos producen mucho más de lo que su demanda interna exige; por tanto, en todos estos países el sostenimiento del sector agrícola tiene una gran relevancia para su crecimiento y la orientación de la política gubernamental juega un papel fundamental.

El desarrollo sorprendente alcanzado por la agricultura de los países industrializados y muchos de los que están en vías de desarrollo, fue determinando relaciones de mercado cada vez más complejas debido a la diversificación productiva, las escalas diferentes de explotación y las características de los operadores económicos. Este panorama de heterogeneidad fue afectando el concepto de competitividad global de la agricultura y de sus actores. En el caso de los Estados Unidos, principalmente, este fenómeno se ha visto identificado con los cambios en las reglas del juego y el manejo de políticas internas orientadas al apoyo de los productores. Como consecuencia, se ha reanimado con fuerza el debate entre el sostenimiento de políticas

de libre cambio orientadas al mercado y políticas proteccionistas que limitan el funcionamiento de las fuerzas naturales del mercado.

#### **IV.1. Los instrumentos de apoyo al sector agrícola**

En Estados Unidos, a partir de la Ley Agraria aprobada en 1996 (*Federal Agricultural and Improvement Reform Act*)<sup>1</sup> los agricultores que ya venían siendo apoyados por el Estado, pudieron acceder a los pagos directos y a las coberturas de precios establecidas. En defensa de la ley, la postura del gobierno es que la ayuda a los productores no genera excesos de oferta y en ese sentido no distorsiona el funcionamiento del mercado; además, se inspira en el principio de la seguridad interna.

Con la caída de los precios iniciada en 1997 tras la crisis asiática, los dispositivos de la ley comenzaron a actuar; así, el Congreso de los Estados Unidos aprobó gastos de emergencia para los ejercicios 1998 y 1999 por valor de 7.000 millones de dólares con el objetivo de compensar pérdidas a los agricultores.

Uno de los instrumentos de protección a la agricultura es el *Loan Deficiency Payment* (LDP) que centra su apoyo en un producto estratégico de la agricultura norteamericana como es la soja. Con este instrumento se pudo sustituir el viejo mecanismo del precio sostén por otro más efectivo para alentar la siembra entre los agricultores. Estos pagos por deficiencia operan cuando el precio de mercado está por debajo del precio de referencia; en tal caso, los productores pueden optar por recibir la diferencia. En el año 1999, el monto de esos desembolsos llegó a 7.000 millones de dólares. Por otra parte, bajo este dispositivo (LDP), los productores no tenían que decidir a la luz de los precios del mercado, generándose excedentes de producción y cosechas récords como ha experimentado ese país en los últimos diez años. Por ende, estos subsidios internos junto a otros como los *marketing loans payments*, llegaron a reducir en un 7 % el precio de mercado de la soja en el año 2000.

Sin embargo, en Estados Unidos la expansión de la soja frente al maíz también ha respondido a la estructura de los precios relativos. La diferencia positiva entre el precio garantizado de la soja y el maíz (*loan rate*), cuando

<sup>1</sup> Cabe aclarar que esta ley si bien flexibilizó los beneficios otorgados con anterioridad a los productores, eliminando los pagos compensatorios y precios sostén, mantuvo los principales instrumentos de subsidios al punto que en el trienio 1996-1998, el gobierno norteamericano desembolsó montos superiores en subsidios comparado con igual periodo anterior a la vigencia de la nueva ley.

estos son superiores al precio del mercado, ha determinado que los agricultores obtengan un margen superior con la soja.

En Junio del año 2000, se sancionó otro instrumento de ayuda mediante la ley de protección del riesgo agrícola; la misma autorizaba reformas en los programas de seguros de cosecha y ayuda de emergencia para todos los productores que ingresaran hasta Agosto del 2001. Esa ley también otorgó financiamiento para realizar investigaciones, generar combustibles renovables y nuevos productos. En definitiva, en los Estados Unidos los productores agrícolas tienen una red de seguridad que los protege cuando los negocios no dan buenos resultados.

El Congreso norteamericano aprobó en Mayo del 2002 la nueva *Farm Act* o Ley Agrícola, que amplió la ayuda en cuanto al número de productos, incrementó el monto de los subsidios y estableció los precios contracíclicos para beneficiar a los productores. El propósito de esta nueva ley, que estará en vigencia hasta el 2007, podría contener las fluctuaciones de los precios internacionales y generar más excedentes de cereales y soja; en definitiva para la Argentina está significando perder más mercados frente al avance de la política exportadora estadounidense.

Con la nueva ley se les otorgó a los agricultores ingresos adicionales provenientes de tres fuentes:

- a) Por vía del precio de referencia o "loan rate" utilizado para acceder a la operatoria del *Marketing Loan Program* (MLP) o del *Loan Deficiency Payment* (LDP) que representa un precio sostén,
- b) Mediante un pago adicional a los instrumentos anteriores, para aquellos productos que el Congreso quiera proteger; éste es similar al "*Production Flexibility Contract*",
- c) A través del pago contracíclico<sup>2</sup> que se activa cuando los precios caen por debajo de un precio fijado por ley, denominado "*target price*" o precio meta. En la campaña 2002-2003 tuvo efectos muy beneficiosos en el caso concreto de los productores de granos oleaginosos.

Los otros programas complementarios instituidos en la política agraria norteamericana actual, están destinados a expandir las exportaciones a través de subsidios directos (EEP), garantías de crédito (GSM) y ayuda alimentaria (PL). Por ejemplo, las garantías de crédito otorgadas por el gobierno le

<sup>2</sup>En cuanto al programa de pagos contracíclicos refuerza la red de seguridad de los ingresos de los productores, que opera como un ingreso mínimo. El programa se activa cuando los precios caen por debajo del precio objetivo.

permiten a los exportadores conseguir créditos en condiciones más competitivas para los compradores extranjeros de sus productos (garantizando el 98 % de la deuda y una parte de los intereses). El período de gracia para devolver las garantías de crédito es de hasta 3 años (GSM 102) y de 3 a 10 años (GSM 103).

En cuanto a las perspectivas 2005/2006, la vigencia de la Farm Act (2002) eleva de 35 a 39,2 millones de acres el Programa de Conservación de Reserva (Conservation Reserve Program) y la Ley de Conciliación Agrícola (Agricultural Reconciliation Act) sancionada en el 2005 fortalecerá el apoyo al agro norteamericano. En el caso del algodón se pone en vigencia a partir del 2006 la autorización para emitir certificados de comercialización. Para los lácteos, los pagos por pérdidas de mercado, se administran a través de un programa específico (*Milk Income Loan Contract Program*)<sup>3</sup>.

## **V. EL COMERCIO MUNDIAL DE GRANOS: LAS TENDENCIAS 2006-2015**

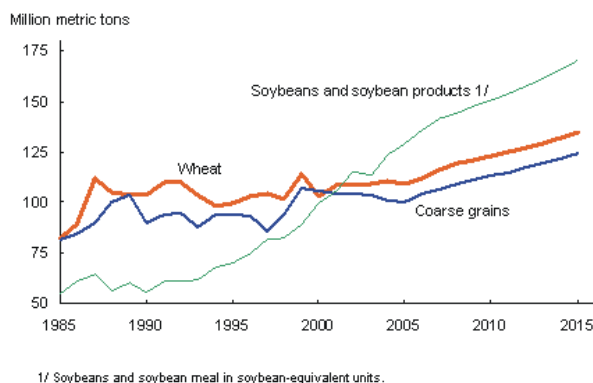
En los últimos veinte años la participación de los principales granos en el volumen del comercio mundial tuvo cambios notables distinguiéndose dos períodos: El primero, 1985-2000 y el otro, 2000-2005 que muestran comportamientos diferentes.

En 1985 el comercio mundial del trigo y de los granos gruesos (maíz, cebada, sorgo y otros de menor importancia) apenas superaba los 80 millones de toneladas, mientras que en el poroto de soja y subproductos equivalentes soja, era de sólo 54 millones de toneladas. Con las oscilaciones propias del comportamiento del mercado internacional, entre 1985 y 2000, los volúmenes comercializados de trigo estuvieron siempre por encima del correspondiente a los granos gruesos en conjunto; en ese período coincidieron los picos y valles en esa tendencia.

A partir de 1997/98 el comercio mundial de granos gruesos comenzó a crecer después de la denominada "crisis asiática", llegando en el año 2000 a superar el comercio del trigo que estaba en el orden de los 100 millones de toneladas. Lo interesante de este fenómeno es que para ese mismo año el comercio mundial de soja y subproductos equivalente-soja, también había alcanzado los 100 millones de toneladas. En quince años se había duplicado el volumen físico de soja comercializada en el nivel mundial.

<sup>3</sup>Este programa establece un factor de pago del 34 % de la diferencia entre 16,94 \$ por cada 100 unidades de peso y el precio que establece el *Boston Class I*.

**Gráfico 1.**  
**Comercio mundial de trigo, granos gruesos, poroto de soja y subproductos derivados**



Source: USDA Agricultural Baseline Projections to 2015, February 2006.

El período del primer quinquenio del nuevo milenio muestra una tendencia del comercio agregado muy acentuada y firme para el poroto de soja y subproductos, estable para el trigo y levemente declinante para los granos gruesos. En el 2005 la soja ya había alcanzado un comercio de 125 millones de toneladas, el trigo ligeramente por encima de los 100 millones y algo menos los granos gruesos ya indicados.

Según las proyecciones 2006-2015 del ERS-USDA<sup>4</sup>, se espera un crecimiento sostenido para el comercio de la soja y subproductos que podría alcanzar a 170 millones de toneladas en el 2015; en cambio, la tendencia será más moderada y estable para los granos gruesos y el trigo con niveles de 125 y 135 millones, respectivamente en ese mismo año.

### V.1. Trigo y granos gruesos: exportaciones e importaciones mundiales

Durante los años 90' no hubo una expansión del comercio del trigo y de granos gruesos en general, sino fluctuaciones alrededor de una línea de tendencia bastante estable (Gráfico 1); en esa década redujeron la demanda la ex Unión Soviética y los países de la Europa Central y Oriental. En los

<sup>4</sup> Economic Research Service. United States Department of Agriculture.

primeros años del nuevo milenio creció el comercio global de granos pues aparecieron nuevos compradores, particularmente de los países en desarrollo del África y el Medio Oriente.

Las tendencias implícitas que se reflejan en las proyecciones del comercio de granos, suponen las mejoras en los rendimientos físicos esperadas de la producción<sup>5</sup> más que la expansión de las áreas, a excepción de Argentina, Brasil e Indonesia que vienen extendiendo su frontera agrícola. En cuanto a la demanda, aunque el menor crecimiento de la producción se habría de compensar con la desaceleración del crecimiento poblacional, éste último puede llegar a jugar un papel decisivo en la demanda de alimentos (aceites y carnes) si los habitantes acceden a niveles más altos de ingreso per cápita.

Las proyecciones estiman un crecimiento de las importaciones de trigo en aquellos países con población en ascenso e ingresos reales crecientes. Esto ocurriría en los de África Subsahariana y Medio Oriente, y en Brasil, México y Egipto. En los próximos diez años las compras de trigo aumentarán en 20 millones de toneladas para alcanzar 130 millones en el 2015; en Egipto podría llegar a 9 millones de toneladas y en Brasil a 7 millones. En este último, las áreas trigueras podrían ser cedidas en favor del maíz debido a cuestiones de rentabilidad y condiciones ambientales más favorables. En cambio, en Indonesia, México y Corea del Sur la mayor demanda provendría de una mejor posición del trigo en la escala alimentaria de la población.

Por otra parte, las exportaciones en el período del análisis, éstas se concentrarían en cinco países: Estados Unidos de Norteamérica, Canadá, La Unión Europea, Australia y Argentina reunirían el 75%. Los tres primeros experimentarían una leve declinación en los volúmenes que serían compensados con las mayores exportaciones de Argentina, Australia, Ucrania y Kazakstán. Los dos últimos junto con Rusia crecieron notablemente después de la liberalización de sus economías, el auge de las inversiones y las mejoras en la productividad. Canadá también reduciría el área para transferirla a la cebada y semillas oleaginosas mientras la India por la caída de sus stocks reduciría sus exportaciones.

<sup>5</sup>Debido a la difusión del cambio tecnológico en las áreas relativamente más postergadas y a las innovaciones que continuarán apareciendo en los países centrales generadores de tecnología.

## V.2. Los granos gruesos y las tendencias previsibles

La evolución del comercio de granos gruesos dependerá de la expansión de la ganadería y, en particular, en aquellas regiones no aptas para producir su propio forraje con destino a la alimentación del ganado. El mercado de México, Norte del Africa, Medio Oriente, China y Sudeste Asiático son los que presentan mejores oportunidades. Durante la última década se ha ido consolidando un mercado mundial de alimentos para ganado, en donde las harinas proteicas han pasado a ser protagonistas. Aunque existe la posibilidad de sustituir granos por pasto según los precios relativos, en el caso del ganado porcino y las aves, se ha producido un cambio en la calidad de las carnes obtenidas mediante la incorporación de mayores cantidades de maíz en la dieta del animal.

En la próxima década se estima que el crecimiento del comercio mundial de granos gruesos evolucionará al ritmo de un 2 % anual promedio aunque con una participación más importante del maíz. México se convertiría en un protagonista del cambio en el comercio maicero. Esto encuentra explicación por su participación en el NAFTA (*North America Free Trade Agreement*) y la eliminación definitiva de los aranceles extra cuota para el maíz procedente de los Estados Unidos y el Canadá en el 2008. En este fenómeno de liberalización, México transferiría importaciones actuales de sorgo hacia el maíz.

En cuanto a los granos gruesos en general, el comercio mundial podría crecer un 20% en los próximos diez años. La fuerte concentración de la demanda en la alimentación para ganado comenzaría a revertirse por la expansión de la producción de etanol, malta y féculas. Sin embargo, el comportamiento del mercado mundial dependerá de los movimientos de sus principales participantes. La evolución favorable de la ganadería en los países en desarrollo aumentaría las importaciones de granos; pero los mejores hábitos de consumo en favor del arroz, el trigo y otros alimentos preparados haría descender las importaciones. También el desaliento en la demanda de carnes por parte de Japón, Corea del Sur y Taiwán afectaría las ventas de granos gruesos. En la Unión Europea habría mayor interés por comprar maíz a Rumania y Bulgaria como un antecedente comercial con los futuros miembros del bloque.

### **V.3. Maíz: exportaciones e importaciones mundiales**

Los Estados Unidos de Norteamérica domina el mercado mundial de los granos gruesos y es el productor y exportador líder en el maíz. Sin embargo, las proyecciones de producción de etanol podrían ir limitando el crecimiento de las exportaciones de maíz; en pocos años más debería enfrentar la competencia de Argentina, Brasil y los países del Este Europeo (Bulgaria y Rumania). No obstante estas consideraciones, el USDA ha estimado para el 2015 una leve mejora en su participación en el comercio mundial<sup>6</sup>.

Las perspectivas de los principales países maiceros indican que Argentina continuará ocupando el segundo lugar como exportador mundial<sup>7</sup>, Sudáfrica abastecería a los países vecinos<sup>8</sup> y los países del Este Europeo aumentarían a 3 millones de toneladas sus exportaciones de maíz.

En el caso de Brasil, con planes muy firmes de expansión del cultivo del maíz, podrían llegar a duplicar sus exportaciones<sup>9</sup> a pesar del crecimiento del sector ganadero. En particular, el objetivo es ocupar el mercado de maíces no genéticamente modificados.

La República de China debido al crecimiento de la demanda interna de maíz y a la ampliación de su stock ganadero no podrá aumentar sus exportaciones; es, en realidad, un comprador potencial de maíz en el futuro. En efecto, el continuo crecimiento del ingreso *per cápita* asociado a un mejor standard de vida determina que China sea un importador neto de maíz en el futuro. En la actualidad, China exporta volúmenes de maíz hacia las zonas cercanas a la localización de la producción: Corea del Sur y mercados del Sudeste Asiático. Sin embargo, los embarques de granos desde el noreste están limitados por los altos costos internos del transporte.

## **VI. EL FUTURO PARA LOS OLEAGINOSOS**

En la actualidad dos hechos relacionados están delineando el comportamiento futuro de los países grandes productores de soja del mundo: a) El

<sup>6</sup> Pasaría del 60 % actual al 63 % en el 2015.

<sup>7</sup> Sus exportaciones crecerían de las 11 millones de toneladas actuales a 16 millones en el 2015.

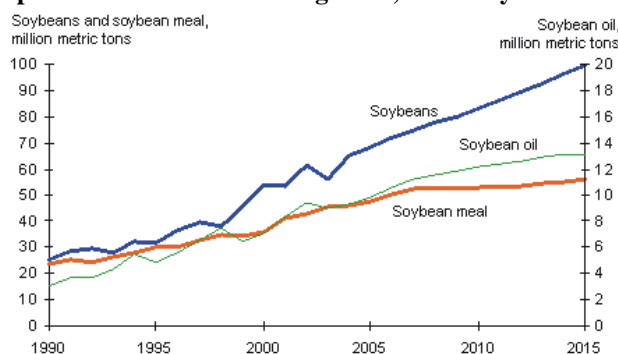
<sup>8</sup> Se estima alrededor de 2 millones de toneladas por año.

<sup>9</sup> Se calcula que podrían llegar a alcanzar 4,5 millones de toneladas en el 2015.

crecimiento económico de los países en vías de desarrollo y, b) La demanda creciente de alimentos proteicos para producir carne con destino a la demanda final.

En las proyecciones del ERS-USDA, se contempla una tasa media anual del 3,6 % en el crecimiento del comercio global de la soja para el período 2005-2015. Para los aceites y harinas alcanzan a 2,8 % y 2,2 %, respectivamente (Gráfico 2).

**Gráfico 2**  
**Exportaciones mundiales de granos, harinas y aceites de soja**



Source: USDA Agricultural Baseline Projections to 2015, February 2006.

Durante la última década, los flujos de inversiones en la industria aceitera han fluido desde los países desarrollados hacia la China, principalmente, y además a países del Africa del Norte, el Medio Oriente y el Sudeste Asiático. Las expectativas favorables de los mercados y los márgenes de utilidad más atractivos para procesar el grano "in situ" explican el crecimiento de la capacidad de molienda en esas nuevas áreas. Este fenómeno determina, consecuentemente, que en el futuro la demanda del grano evolucione a un ritmo mayor que la demanda de harinas y aceites. Sin embargo, la competencia internacional cada vez más intensa en los mercados alimenticios proteicos ejercerá presiones sobre los márgenes de la industria aceitera; las firmas con mayor capacidad de *crushing* desplazarán a las menos eficientes en esta industria. Además, podrá ocurrir una traslación de la demanda de los aceites vegetales hacia otros alimentos proteicos más baratos.

### **VI.1. Las importaciones frente a las exportaciones: la demanda frente a la oferta globales**

Los grandes protagonistas en el negocio mundial de la soja, Estados Unidos, China, Brasil, Argentina y la Unión Europea, muestran un panorama comercial y estratégico diferente en la próxima década.

### **VI.2. Tendencias de las importaciones**

La Unión Europea es el importador mundial líder de manufacturas de soja; además, hasta el 2002 fue el primer importador de poroto de esa oleaginosa. En la actualidad las perspectivas son diferentes pues los escenarios son distintos. Las compras de soja de la UE25 han comenzado a declinar: razones de geopolítica y estrategias nuevas en el abastecimiento de energía explican ese fenómeno. a) El proceso de sustitución de la soja basado en la utilización de granos y harinas de colza. b) La ampliación reciente del bloque y la nueva Política Agrícola Común aprobada en el 2003. En los últimos años ha ido creciendo la producción de cebada; también crecieron los volúmenes de granos gruesos provenientes de los nuevos países integrados a la Unión y se lanzó el Plan Biodiesel a partir de la colza. Los mayores volúmenes de colza han contribuido para poder disponer de mayores cantidades de harinas destinadas a la alimentación de animales.

La República de China, segundo importador mundial de soja, tiene poder sobre el mercado e influye en la competitividad del mercado mundial de ese grano. Al ejercer presión sobre la demanda de soja y de granos oleaginosos en general, desestima la demanda de subproductos elaborados y ejerce con firmeza presiones sobre los precios de las materias primas. Esta situación esta llevando a la China a diseñar para el mediano plazo, una política que articule las necesidades de producir y de importar granos de maíz y soja, principalmente. Los indicadores del intercambio actual muestran que, por algunos años más, China continuará sosteniendo la producción interna de maíz e importando grano de soja de manera creciente. Esta política le permitiría abastecer sin dificultades el complejo oleaginoso en expansión, generando cada vez más valor agregado interno con las harinas proteicas y los aceites vegetales.

En los países del Este del Asia, la política pendular oscila entre comprar los alimentos para producir carnes o adquirir carnes directamente elaboradas según sea el comportamiento de los precios relativos. La tenden-

cia es, sin embargo, reducir el ritmo del crecimiento de las compras de harinas y aceites de soja.

### **VI.3 Tendencias de las exportaciones**

En el comercio de exportación Argentina, Brasil y los Estados Unidos de Norteamérica concentran el 90 % de las ventas de soja. Esta tendencia se mantendrá en los próximos diez años según el ERS-USDA. Las condiciones estructurales de Argentina y Brasil son diferentes. Brasil con un potencial inmenso de su frontera agrícola, viene experimentando una expansión muy apreciable del complejo soja. A pesar del crecimiento de la demanda interna, ha logrado ocupar un lugar de privilegio en las exportaciones mundiales. Las proyecciones señalan que en el Este del Brasil, las tierras actualmente ocupadas por las semillas oleaginosas podrían asignarse al cultivo del maíz. Este fenómeno conocido como Plan Maíz podría mejorar los precios relativos esperados y contrarrestar la competencia del maíz producido por los Estados Unidos. No obstante, la tasa media de crecimiento del área de la soja podría alcanzar el 4 % anual en la década 2006-2015. Si se agregan las participaciones del poroto y los subproductos (equivalentes soja), Brasil podría aumentar su significación en el comercio mundial del 32 % al 45 % en el 2015.

La situación de la Argentina es diferente. Debido a su gran capacidad instalada de molienda (crushing) y la conveniencia de operar las plantas a pleno, sus importaciones de grano desde Brasil, Uruguay, Paraguay y Bolivia podrían llegar a 3 millones de toneladas para el 2015<sup>10</sup>. No obstante, el volumen medio esperado de exportación del grano alcanzaría a 7 millones de toneladas anuales. La proyección del área cultivable con soja se espera sea declinante en el futuro, en parte por la presencia de incentivos para producir maíz y girasol (los granos competidores), pero principalmente porque la frontera agrícola de la soja está alcanzando sus límites naturales. Además, en Argentina la política impositiva sobre el complejo oleaginoso favorece el procesamiento interno de los granos para exportar manufacturas con valor agregado.

En el caso de los Estados Unidos, la tendencia decreciente del área cultivada de soja junto a un crecimiento de la industria interna haría declinar la oferta exportable del grano.

<sup>10</sup>En la última década los empresarios argentinos han realizado inversiones en tierras, equipamiento y tecnología para producir soja en estos países.

#### **VI.4. Las harinas de soja**

En las harinas de soja hay unos pocos países exportadores y muchos más países importadores o destinatarios del subproducto. Las perspectivas en los próximos años favorecerán a los países elaboradores de harinas:

- a) La Unión Europea continuará ocupando el primer lugar entre los importadores de harina a pesar del esfuerzo que ha venido desarrollando para aumentar su producción interna con destino a la alimentación. Por otra parte, los precios relativos de importación de harinas respecto a los costos internos del *crushing* favorecen y justifican el abastecimiento externo.
- b) Las necesidades crecientes de alimentación de ganado con destino a la producción de carnes en los países del Norte del Africa y del Medio Oriente determinan un nuevo segmento en el mercado mundial de las harinas.
- c) Otro grupo de mercados está constituido por América Latina, el Sud Este Asiático y la ex URSS; estas áreas aumentarán la demanda siempre que sea posible controlar o impedir que se instale la enfermedad de la gripe aviar.
- d) México continuaría siendo un mercado fuerte para las harinas y el aceite de soja. Sin embargo, las perspectivas indican un crecimiento del complejo oleaginoso por lo que irán aumentando las importaciones de poroto a un ritmo superior al de las harinas y aceites de soja.

Por el lado de las exportaciones, Argentina, Brasil y los Estados Unidos son líderes en la exportación de harinas proteicas. En la próxima década la Argentina consolidaría su posición líder en la exportación de harinas de soja pasando del 45% al 53 % en el total mundial. En cambio, perderían su significación las exportaciones de Brasil, Estados Unidos y otros países. En el caso de Brasil se explicaría por el desarrollo de la producción interna de carne de aves y cerdo, pero además, porque la industrialización interna de harinas no sería capaz de acompañar el crecimiento del consumo.

La República de China se espera que siga consolidando la industria del complejo oleaginoso; en el 2015 se ha estimado que podría exportar más de un millón de toneladas de harinas de soja. China junto a Brasil y Argentina contribuirán a generar un mercado cada vez más competitivo en las harinas.

La Unión Europea podría mantener su posición de un pequeño exportador de harinas hacia Rusia y los países del Este de Europa. India, en cambio, seguirá la tendencia de Brasil esto es, disponer de un menor excedente exportable debido al crecimiento del consumo interno y la expansión de la industria aviar.

### **VI.5. El aceite de soja y las importaciones**

Los aceites, como fuentes de grasas alimenticias indispensables en la dieta humana muestran una demanda en constante ascenso, más en los países en vías de desarrollo y en los de rápido crecimiento como la República de China. Si bien China e India por su gran población son los grandes países importadores de aceite de soja del mundo, otras regiones están mostrando una demanda creciente. Los países de África del Norte y el Medio Oriente, y los países de América Central y el Caribe están mostrando una demanda creciente de aceites vegetales.

En India existen aranceles bajos para la entrada de aceites en el marco de los acuerdos de tarifas celebrados en la Organización Mundial del Comercio (OMC). Esto determina que la India sea el primer importador mundial; pero además, la demanda interna floreciente de aceites vegetales y los inconvenientes de los vaivenes del clima para asegurar niveles estables de producción confirma ese fenómeno<sup>11</sup>.

En la República Popular de China la demanda interna está sobrepasando la capacidad de la oferta de aceites debido al aumento del ingreso per cápita y el mejor standard de vida de la población. Esto hecho se ve reforzado se si tiene en cuenta la fuerte competencia por el uso del suelo que los otros cultivos le oponen a las semillas oleaginosas.

### **VI.6. Los aceites, la soja y las exportaciones**

Por el lado de la oferta exportable la Argentina es el mayor oferente de aceite de soja del mundo<sup>12</sup>, seguida por Brasil y los Estados Unidos. Con volúmenes más reducidos le siguen la Unión Europea y otros países de

<sup>11</sup> India compró 4 millones de toneladas de aceites vegetales en el 2005. El aceite de soja alcanzó a 1,15 millones. En el 2005 se ha estimado las compras en 2,7 millones de toneladas.

<sup>12</sup> En el 2003 exportó 2,5 millones de toneladas de aceite y 10,7 millones de harinas y pellets de soja. El total exportado de aceites vegetales alcanzó a 3 millones de toneladas y casi 10 millones en semillas oleaginosas.

menor importancia. La Argentina cuenta con una capacidad extraordinaria de producción de aceites, en especial, de soja. Su mercado interno absorbe una pequeña proporción del total y la política impositiva favorece el procesamiento del grano para exportar los subproductos (harinas y aceites). Brasil también tiene oportunidades de aumentar su producción de aceite de soja y ganar mayor importancia en el comercio mundial. En cambio los Estados Unidos y la Unión Europea aunque crecerán en el crushing de la soja, muestran tendencias en la exportación de aceite de soja que serán descendentes.

## **VII. LOS DESAFÍOS PARA LA ARGENTINA**

Las ventajas específicas, de localización e internalización<sup>13</sup> que tiene la agricultura argentina ubican al sector agropecuario en una posición competitiva muy sólida frente a los demás países productores del mundo. Esta oportunidad de liderazgo en el orden mundial debe ser aprovechada diseñando de manera coherente planes de crecimiento que tengan como base la liberalización de las fuerzas productivas que el agro puede ofrecer. Hay extensas áreas pobladas del mundo que muestran una demanda creciente de alimentos junto a una mejor situación de bienestar. Se trata de mercados que en el futuro pueden llegar a ser muy promisorios, no sólo por los volúmenes que podrían adquirir sino por el valor, la variedad y la calidad de los productos que demanden.

En el desafío de producir más el Estado debería dejar de intervenir sobre el sector, aliviando las cargas impositivas distorsivas que penalizan la inversión y el crecimiento del capital productivo. Las instituciones privadas y las entidades representativas deberían armonizar sus planes a través de las cadenas de valor con el fin de que la actividad agropecuaria pueda aumentar el valor de la producción, mejorar la calidad, ganar mercados e intensificar su presencia en los ya existentes. No menos relevante es el desarrollo de acciones para introducir productos orgánicos en los mercados de mayor poder adquisitivo y lograr acuerdos que sean positivos en materia de comercialización de productos de origen transgénico. En el plano internacional, Argentina debe continuar negociando en la Organización Mundial del Comercio (Ronda de Doha), en la Asociación Internacional de Epizootias, en las Convenciones de Negociación (Ginebra 2005) y en el grupo Cairns para

<sup>13</sup> Se refieren a la reducción de los costes de intercambio y de la incertidumbre y a la posibilidad de incorporar externalidades positivas.

conseguir condiciones más competitivas en el intercambio mundial. Para alcanzar una trayectoria estable de crecimiento frente a estos desafíos es necesario trazar políticas claras y amplias, contar con instituciones que garanticen la seguridad jurídica en el tiempo y que respeten los acuerdos, los derechos de propiedad y la libertad frente a los protagonistas nacionales y extranjeros.

### VIII. REFERENCIAS

- Sonnet F., G. Juárez de Perona y L. Lamfre (2004), "Integration, Protectionism and Competitiveness of the Argentinean Oilseed Industry", en Díaz Cafferata. M.L. Recalde. A. E. Neder Eds. Asociación Cooperadora Facultad de Ciencias Económicas. U.N.C. *Arnoldshain Seminar V. Adjusting to Globalization and Structural Change in Argentina, Brazil and Germany.*
- Sonnet F., G. Juárez de Perona.(2004) "La Industria de Oleaginosos en Argentina: Competitividad y Proteccionismo". Mayo (*Publicado en CD y en web [www.unlp.edu.ar](http://www.unlp.edu.ar)*).
- Sonnet F., G. Juárez de Perona (2004) La Industria de Oleaginosos en Argentina: Competitividad y Proteccionismo. *Anales XXXIXº Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Política (en CD)*. Libro de Resúmenes pp. 107.
- Sonnet F. (2005). "European Union and Mercosur commercial policy compatibility: a ATPSM model for oilseed complex " *Arnoldshain Seminar VIº, Trade, Integration and Institutional Reforms in Latin America and the E.U. Marzo. (en prensa)*.
- Toffler A. (1999). El Cambio del Poder. Cap. XIV y XV. Editorial Plaza & Janes.
- USDA (2006). *Agricultural Outlook*. Forum 2006. ( February).
- USDA (2006). *Economic Research Service*. Briefing Room. Global Agricultural Trade.