

Cambio Tecnológico a Nivel Desagregado en el Agro Argentino

Marcos Gallacher

I. INTRODUCCIÓN

La problemática del "cambio tecnológico" resulta de fundamental importancia para comprender la situación actual y perspectivas futuras de sectores económicos. Esto es especialmente cierto en el sector agropecuario, donde la biotecnología modifica en forma acelerada las opciones productivas con las cuales cuentan los empresarios. El caso argentino resulta notable. Entre comienzos de la década del '70 y fines de la del '90 la producción agrícola se más que triplicó (comparación entre índice de producción 95-98 y 70-74), pese a que durante gran parte de este período prevaleció la inestabilidad política, la alta inflación, y un marcado sesgo contra las exportaciones del sector primario. En definitiva, la vigorosa generación de tecnología, y una rápida difusión de ésta en las empresas del sector permitieron crecimiento aún en una situación macroeconómica extremadamente desfavorable.

Este trabajo tiene como objetivo estimar cambio tecnológico de actividades agrícolas y ganaderas en distintas regiones del país. Estas estimaciones de aumento de productividad sirven de base para elaborar escenarios de incrementos de producción. El trabajo se basa en representaciones simplificadas de tecnología. El objetivo es brindar información que complemente estimaciones econométricas, de naturaleza más agregada, producidas recientemente por otros investigadores.

II. PRODUCTIVIDAD TOTAL DE FACTORES

Se define como *Productividad Total de Factores (PTF)* al cociente entre un índice de producción y un índice (total) de uso de insumos. El incremento de *PTF* (ΔPTF) a lo largo del tiempo representa la incorporación de "conocimiento" al proceso productivo, o "cambio tecnológico" en la jerga de los economistas. El cambio tecnológico constituye un verdadero progreso, ya que gracias a él se obtienen mayores niveles de producto a partir de un stock dado de recursos.

Ahearn y colaboradores (1998) estiman incrementos anuales de *PTF* para la agricultura norteamericana en el período 1960-1994. Los resultados muestran aumentos anuales en la *PTF* de 1.91 % (60/69), 1.22 % (70/79), 3.36 % (80/89) y de 2.77 % para el período 1990-1994. Estas cifras sugieren que los incrementos de productividad no se han

reducido a lo largo del tiempo; mas bien parece haber ocurrido lo contrario. A modo de comparación, el incremento de *PTF* de la industria manufacturera de EEUU fue, en el período 1948-94 de 1.31 % por año, cifra muy inferior a la obtenida por el sector agropecuario en el mismo lapso de tiempo.

Lema (1999) realiza un análisis econométrico de la producción agropecuaria argentina en el período 1970 - 1997. Este trabajo merece ser evaluado en detalle ya que sus conclusiones permiten comprender las perspectivas de producción argentinas para las próximas dos décadas. Se señalan como antecedente las estimaciones hechas por Víctor Elías que arrojan - para la producción agrícola - cifras de ΔPTF de 1.09 % anual para el período 1970 - 1980, y de 0.44 para el 1950 - 1980. La estimación de Lanteri de ΔPTF = 1.9 % (período 1964 - 1992) es también citada por Lema.

El autor emplea supuestos habituales en teoría de la producción para realizar sus estimaciones. La producción fue medida a través del Índice de Volumen de Producción Agrícola 1982-87 = 100 (SAGPyA). Se construyeron índices de insumos tierra, trabajo, capital y fertilizantes. Los hallazgos se resumen en las siguientes estimaciones de ΔPTF : 70/97 = 1.55 %, 70/80 = 2.21 %, 80/90 = 0.34 % y 90/97 = 1.23 %. Los resultados son enteramente consistentes con los obtenidos por los otros autores, notándose durante la década del '70 un ΔPTF superior al obtenido en otros períodos.

El trabajo de Lema presenta consideraciones adicionales que resulta de interés mencionar. En primer lugar, señala que en el período 1970 - 1997 los precios internacionales de los *commodities* descendieron a una tasa acumulada anual del 2.13 %, cifra superior al aumento de productividad estimado de 1.55 %. En segundo lugar, testea estadísticamente la hipótesis de la existencia de un aumento en ΔPTF a partir de 1989. Esta hipótesis es rechazada, aún cuando en el mismo período la producción total aumentó en forma notable. En palabras del autor: "...en el caso de la productividad, no puede decirse que haya ocurrido un cambio de tendencia significativo (en ΔPTF) a partir de ese año". Lo notable de este hallazgo es la relativa "insensibilidad" del ritmo de *cambio tecnológico* del sector agropecuario argentino ante los marcados cambios de política económica ocurridos a partir de 1989.

Una comparación de los resultados de Lema (Argentina) con los de Ahearn (EEUU) permite concluir que, en nuestro país ΔPTF fue menor que en el caso norteamericano (1.55 vs. 1.88 %). Existe entre ambas economías agropecuarias otra diferencia importante: mientras que en Argentina durante las décadas del '80 y '90 el uso total de insumos aumentó, en los EEUU ha ocurrido lo contrario. En Argentina, un aumento de uso de insumos (en especial agroquímicos y fertilizantes), junto con aumentos de

productividad tienen como consecuencia marcados aumentos en el volumen total producido.

III. CAMBIO TECNOLÓGICO A NIVEL DESAGREGADO

Las evaluaciones de ΔPTF realizadas en Argentina emplean datos agregados. En general se estima aumento de productividad "agrícola" a nivel del país entero, y no de cultivos específicos en zonas determinadas. La inexistencia de datos desagregados de empleo de insumos fuerza a los investigadores a tomar dicho camino. Sin embargo, resulta de interés contar con información mas detallada. En este trabajo se estiman valores de ΔPTF y de productividad de factores a partir de datos "ingenieriles" habitualmente publicados en revistas especializadas. Este enfoque permite, además, estimar aumentos de productividad de actividades ganaderas, caracterizadas éstas por una falta crónica de información.

Supóngase un proceso productivo $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n, T)$, donde Y representa producto, T representa tierra y el vector $\langle X_1, X_2, \dots, X_n \rangle$ representa insumos variables (fertilizantes, semillas, servicios de capital etc.) empleados en el proceso productivo. Exprésese este proceso como $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, donde $y = Y/T$, y para el i -ésimo insumo $x_i = X_i/T$. El proceso productivo ahora muestra el producto medio de la tierra en función de la intensidad de uso de cada insumo por unidad de tierra. Existiendo una medida de producción y de uso de insumos por unidad de superficie, resulta posible calcular ΔPTF entre el período 0 y el 1 como:

$$[1] \Delta PTF = PTF_1 / PTF_0 = (y_1/z_1) / (y_0/z_0) = (y_1/y_0)(z_0/z_1)$$

donde, para el producto el subíndice denota el período de tiempo, y donde z_t denota un índice total de uso de insumos en el momento " t ". Datos empíricos sobre y_1, y_0, z_0 y z_1 deben ser obtenidos para estimar ΔPTF de diversas actividades y regiones de producción. Este ejercicio fue realizado utilizando, como primera aproximación, información de "Margenes Brutos" (ingresos menos gastos variables) publicados en la revista *Agromercado*. Se definió $t_0 =$ Julio/Agosto de 1987, y $t_1 =$ Julio de 1999: el lapso considerado cubre un período de 12 años.

Para cada período, el volumen de producción corresponde al rendimiento por unidad de superficie considerado como "razonable" por los editores de la revista. Como índice de uso de insumos, se tomó el total de Gastos Directos por hectárea, expresado en moneda

constante.¹ No se realizó una corrección por posibles cambios en precios de insumos agrícolas (mas allá de los incluidos en el IPMNG). El país fue dividido en 6 regiones, y se estimó Δ PTF para 5 actividades agrícolas y dos ganaderas. El **Cuadro 1** muestra los resultados obtenidos.

Cuadro 1: Estimación de Δ PTF

<u>Actividad</u>	<u>Zona</u>					
	A	B	C	D	E	F
	--- % de cambio anual ---					
Maíz	0.7	0.7	0.0	-0.8	s/d	s/d
Soja 1era	2.8	2.4	s/d	0.1	s/d	s/d
Trigo	1.8	1.1	1.2	5.3	s/d	s/d
Girasol	0.0	2.6	-0.1	0.9	s/d	s/d
Invernada	1.6	4.1	1.7	0.4	s/d	s/d
Cría	s/d	s/d	s/d	s/d	0.5	-1.5

Zonas:
 A = Norte Buenos Aires - Sur Santa Fé B = Oeste Buenos Aires
 C = Sud-Este Buenos Aires D = Centro de Córdoba
 E = Cuenca del Río Salado F = Entre Ríos

Fuente: Elaboración propia a partir de *Agromercado*

Los datos anteriores provienen de información "ingenieril" elaborada por los responsables de la publicación técnico-económica citada. Deben, por lo tanto, ser interpretados con considerable cautela. En particular, los niveles de productividad de la tierra supuestos en dicha publicación son mayores que los que muestra el grueso de los productores de cada una de las zonas. Estos diferenciales entre productividad de la tierra "ingenieril" y productividad "real" pueden deberse a que las empresas "promedio" presentan, en comparación con las tomadas como ejemplo por *Agromercado*: (i) menor calidad de la tierra, (ii) menor calidad de *management*, (iii) menor uso de insumos variables por unidad de superficie. Pueden deberse, también, a "exceso de optimismo" al cual son propensos a veces los técnicos.

¹ Los "Gastos Directos" corresponden a gastos directamente asociados a la escala (hectáreas) de la actividad en cuestión. Se diferencian de los "Gastos Indirectos" ("overhead" en la literatura anglosajona) que incluyen insumos empleados en mas de una actividad.

La sobre-estimación de productividad mencionada, sin embargo, no necesariamente implica sobre-estimación del *aumento* de productividad a lo largo del tiempo (ΔPTF). Por esta razón, los datos de Agromercado pueden considerarse como una primera aproximación a cambios en productividad, basándose la estimación en el juicio de "opinantes calificados". Hechas estas advertencias, merecen destacarse los siguientes puntos:

- *Existe una considerable variación en ΔPTF de acuerdo a zona y a la actividad considerada. Sin embargo, los resultados son "razonables", en el sentido de que resultan consistentes en líneas generales con lo obtenido por Lema en su estudio basado en datos agregados.*
- *ΔPTF resulta máxima para trigo en la zona Centro (5 % anual). En otras zonas, los valores oscilan entre algo más del 1 y algo menos de 2 %.*
- *ΔPTF resulta relativamente baja para maíz (menos del 1 % anual). Para la soja en las zonas centrales de producción, ΔPTF oscila entre 2.4 y 2.8 %.*
- *Para girasol (y descartando las cifras negativas), los valores correspondientes son entre el 1 y casi el 3 % anual.*
- *Se observan interesantes valores de ΔPTF en invernada (1.6 - 4 % anual), no así en cría, donde la productividad está estancada o aumenta sólo ligeramente. Estos hallazgos confirman el "conocimiento común" de aquellos que tienen contacto con la producción ganadera.*

La agricultura compite por el uso de la tierra con la actividad ganadera de invernada, no así con la cría. Para las zonas A, B y D puede intentarse promediar productividades de agricultura, para compararlas con las de invernada. Los resultados son: Zona A (1.3 y 1.6), Zona B (1.7 y 4.1) y Zona D (1.4 y 0.4). Lo anterior implica que la ganadería de invernada, en las primeras dos zonas, muestra incrementos de productividad que sugieren que la posición competitiva de la producción de carne al menos no se deteriorará.² Por otro lado, el aumento de productividad agrícola para estas tres zonas oscila entre algo menos del 1.5 %, y casi el 2 % anual. El promedio obtenido por Lema para el período 90/97 es 1.23 %, cifra algo inferior a la hallada aquí (período 1987/99) utilizando un método muy aproximado.

La comparación entre vectores tecnológicos y productividades en dos momentos en el tiempo, realizada con los datos de *Agromercado*, puede ser interpretada como una aproximación al desplazamiento de la *frontera* de producción enfrentada por agricultores con acceso a tierras de buena calidad. Los aumentos de productividad observados podrán ser mayores a los estimados aquí si, además existe un paulatino *catching up* del grueso de los productores desde una posición interior a la frontera, hasta una más cerca de ésta. En esta situación, una medición de ΔPTF a partir de observaciones de uso de insumos y producción estaría incluyendo no sólo cambio tecnológico puro (desplazamiento de la

² Obviamente, el deterioro o no de los retornos de una actividad frente a otra depende también de la evolución (de largo plazo) de los precios respectivos.

función de producción), sino también mejoras en la eficiencia (entendida ésta como acercamientos a la frontera de producción).

IV. CAMBIO TECNOLÓGICO Y PERSPECTIVAS DE PRODUCCIÓN

Analizar el impacto del cambio tecnológico y de precios sobre las perspectivas futuras de producción requiere que se disponga de una función de producción (o de costos). En general, éstas han sido estimadas utilizando datos históricos. Sin embargo, no existen en Argentina series de uso de insumos y de producción suficientemente desagregadas como realizar estas estimaciones.³ Sin embargo, utilizándose supuestos simplificadores, pueden estimarse parámetros de funciones de producción sin recurrir a datos temporales. Al respecto, supóngase que la producción (agrícola y ganadera) puede ser caracterizada por una función de producción Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala:

$$[2] Y = A(t) \prod_{i=1}^n X_i^{b_i}$$

donde $\sum b_i = 1$. Para las funciones de producción linealmente homogéneas, se verifica que (Silberberg, pag. 98):

$$[3] \partial Y / \partial X_1 X_1 + \partial Y / \partial X_2 X_2 + \dots + \partial Y / \partial X_n X_n = Y$$

Para el caso de competencia perfecta, $\partial Y / \partial X_i = w_i$, y además costo medio resulta igual a precio ($CT/Y = p$). Tomando como numerario a p ; $CT = Y$. Siendo la tecnología Cobb-Douglas, se deduce que:

$$[4] [(\partial Y / \partial X_i) X_i] / Y = b_i = w_i X_i / CT$$

o sea la participación del i -ésimo insumo en el costo total es igual a la elasticidad parcial de este insumo. Este resultado permite estimar elasticidades a partir de información publicada en revistas especializadas. En efecto, los "márgenes brutos" elaborados por analistas del sector expresan costos (por hectárea) de distintas categorías de insumos,

³ Puede obviarse la necesidad de estimar funciones de producción o de costos si se estima una función de oferta que captura el comportamiento agregado de los empresarios.

junto con niveles de producción obtenibles a partir de ellos. Dividiendo el costo correspondiente a cada insumo, por el total de costos (incluyendo una imputación por renta de la tierra y por "gastos indirectos") se obtiene la participación de cada insumo en el costo total, y por ende una estimación de la elasticidad parcial de producción.

El **Cuadro 2** muestra estimaciones de la suma de elasticidades de "Gastos Directos". Estos son, para las actividades agrícolas, la suma de labranza, semilla, fertilizantes y agroquímicos; para las ganaderas la suma de sanidad, alimentación y mano de obra.

Cuadro 2: Elasticidad Parcial - Gastos Directos

	<u>Zona</u>					
	A	B	C	D	E	F
<u>Actividad</u>	--- b_i de Gastos Directos ---					
Maíz	0.53	0.43	0.62	0.50	s/d	s/d
Soja 1era	0.43	0.44	s/d	0.56	s/d	s/d
Trigo	0.32	0.32	0.48	0.43	s/d	s/d
Girasol	0.43	0.38	0.54	0.47	s/d	s/d
Invernada	0.33	0.39	0.29	0.35	s/d	s/d
Cría	s/d	s/d	s/d	0.22	0.20	s/d
Zonas:						
A = Norte Buenos Aires - Sur Santa Fé			B = Oeste Buenos Aires			
C = Sud-Este Buenos Aires			D = Centro de Córdoba			
E = Cuenca del Río Salado			F = Entre Ríos			
Fuente: Elaboración propia en base a <i>Agromercado</i> .						

Las estimaciones anteriores resultan de utilidad para comprender la posible evolución de distintas producciones del sector agropecuario. Para ello, denótese por X a un índice agregado de gastos directos, y por T a un índice de tierra y de gastos indirectos. Entonces:

$$[5] Y = A(t) X^{b_1} T^{b_2} \quad b_1 + b_2 = 1$$

Suponiendo que el insumo T es fijo, y el X variable, la demanda del factor X por unidad del insumo T será:

$$[6] X^* = [w / (b_1 p A(t))]^{1/(b_1-1)}$$

donde w y p representan, respectivamente, el precio del insumo X y del producto Y . La producción resultante de Y^* se obtiene reemplazando [6] en [5] :

$$[7] Y^* = A(t) \{ [w/(b_1 p A(t))]^{1/(b_1-1)} \}^{b_1}$$

Para dos momentos en el tiempo, $t = 0$ y $t=1$, **el incremento de producción por unidad de T** puede expresarse como:

$$\begin{aligned} [8] \Delta Y_{10} &= \frac{A(1) \{ [w_1/(b_1 p_1 A(1))]^{1/(b_1-1)} \}^{b_1}}{A(0) \{ [w_0/(b_1 p_0 A(0))]^{1/(b_1-1)} \}^{b_1}} \\ &= [A(1)/A(0)] [A(1)/A(0)]^{b_1/(1-b_1)} [(p_1/p_0) (w_0/w_1)]^{b_1/(1-b_1)} \end{aligned}$$

La expresión [8] permite descomponer el aumento de producción (por unidad de superficie) en tres partes:

$$[8.1] \text{ Efecto Desplazamiento} = [A(1)/A(0)] = \text{ED}$$

$$[8.2] \text{ Efecto Intensificación 1} = [A(1)/A(0)]^{b_1/(1-b_1)} = \text{EI 1}$$

$$[8.3] \text{ Efecto Intensificación 2} = [(p_1/p_0) (w_0/w_1)]^{b_1/(1-b_1)} = \text{EI 2}$$

El **Efecto Desplazamiento** (ED) representa el aumento de producción debido a cambio tecnológico puro, es decir aumentos en $A(t)$ a lo largo del tiempo. El **Efecto Intensificación 1** (EI 1) representa la mayor producción debido al incremento en la productividad marginal del insumo X . Finalmente, el **Efecto Intensificación 2** (EI 2) representa los cambios en producción debido a cambios de precios relativos insumo/producto. De lo anterior se deduce el impacto crucial que tiene, sobre la predicción de producción, la estimación de la posible evolución de **PTF** (cambios en $A(t)$) a través del tiempo. Asimismo, queda establecido que cambios en los precios relativos afectan sólo **parte** del proceso de aumentos de producción. En particular, aún cuando los precios no cambien, en situaciones de aumentos de productividad como los analizados, se utilizarán mas insumos por aumento en la productividad marginal de éstos (a través de ED2).

Las derivaciones anteriores permiten realizar estimaciones de producción futura. El **Cuadro 3** muestra incrementos porcentuales de producción, para un lapso de tiempo de 10 años, y para los principales cultivos de la pradera pampeana. Los cálculos se realizan

bajo dos supuestos de precios relativos. En el primero, no hay cambio en la relación precio producto/insumo. En cambio, el segundo contempla la posibilidad de un aumento (mejoramiento) del 10 % en esta relación. A fin de simplificar la presentación, se transcriben aquí los resultados agregados a nivel país. Los cálculos de incrementos de producción se realizaron por zona de producción, agregándose los resultados según la participación de cada zona en el total sembrado a nivel nacional.

Cuadro 3: Aumentos de Producción (Horizonte: 2010)

	Maíz	Soja	Trigo	Girasol
	----- % de Aumento (10 años) -----			
ED	5	20	20	11
EI1	5	15	15	6
EI2 (p=)	0	0	0	0
EI2 (p+)	11	9	7	7
Aumento Total (p=)	10	38	41	18
Aumento Total (p+)	22	50	51	26

Lo anterior sugiere que, al finalizar la próxima década los aumentos de producción logrables oscilan entre el 10 y algo más del 40 %, para el caso de que no existan mejoras en la relación de precios producto/insumo, y entre el 22 y 51 % para el caso de que los precios de los productos aumenten un 10 % por sobre los niveles existentes a fines de la década del '90. Estas estimaciones ponen en evidencia, para el sector agropecuario, sobre el rol protagónico de los aumentos de productividad: con la excepción del maíz (donde los aumentos de productividad estimados aquí son relativamente reducidos, entre el 45 y el 80 % de los aumentos de producción estimados pueden ser adscriptos a cambio tecnológico, siendo el resto explicado por mejoras potenciales de precios.

V. CAMBIO TECNOLÓGICO Y PRECIOS DE RECURSOS

El cambio tecnológico contribuye a elevar niveles de producción y a reducir costos unitarios. Ante iguales precios de productos (supóngase, por ejemplo, una demanda infinitamente elástica, caso de muchos productos de exportación), dichos cambios elevan la retribución percibida por los factores. Los incrementos de precio de la tierra ocurridos durante la última década pueden explicarse por menores tasas de interés (caída en el

riesgo-país) y mayor apertura de la economía (con consecuencias sobre precios de insumos y productos agropecuarios), pero también por persistente aumento de la productividad de dicho recurso.

El Cuadro 1 discutido anteriormente muestra los diferenciales de ΔTFP entre la cría y la invernada, dos etapas básicas de la producción ganadera. Las evidencias indican incrementos de productividad en invernada comparables a los existentes en muchas zonas para la agricultura. Esto contrasta con un estancamiento en la variación de productividad observada para la cría.

Una forma de comprobar la validez de estas estimaciones es analizar que pasó con los precios de productos así como de insumos empleados por estas dos actividades. El **Gráfico 1** muestra la relación de precios entre los *outputs* de estas actividades (precio ternero/precio novillo). Se observa, entre fines de la década del '70 y fines de la del '90 un incremento paulatino en este precio relativo: el ternero se "encarece" con respecto al novillo. El precio relativo promedio fue de 1.09 para el período 1985-89 y de 1.14 para el período 1995-99. Este resultado parecería confirmar el rezago (fruto de menor cambio tecnológico) en la etapa de cría. A su vez, el **Gráfico 2** focaliza atención en precios de *inputs*: se muestra precio relativo de la tierra (precio tierra en zonas de invernada como múltiplo de aquel en la zonas de cría). En este caso la evidencia es más contundente: de un índice de 1.5 - 2.0 a fines de la década del '70, se pasó a uno mayor a 3 a mediados/fines de la del '90. El aumento de productividad de la actividad invernada pudo haber contribuido en forma marcada a esto.

V. BIBLIOGRAFÍA

AACREA (1999), "Series de Precios Agropecuarios".

Ahearn, M., J.Yee, E.Ball y R.Nehring (1998), "Agricultural Productivity in the United States". USDA - ERS Agricultural Information Bulletin 740.

Lema, D.(1999), "Crecimiento y Productividad de la Agricultura Argentina". Instituto de Economía y Sociología Rural - INTA.

Silberberg, E. (1990), *The Structure of Economics - A Mathematical Analysis*. McGraw Hill.

Grafico 1: Precio Ternero/Precio Novillo

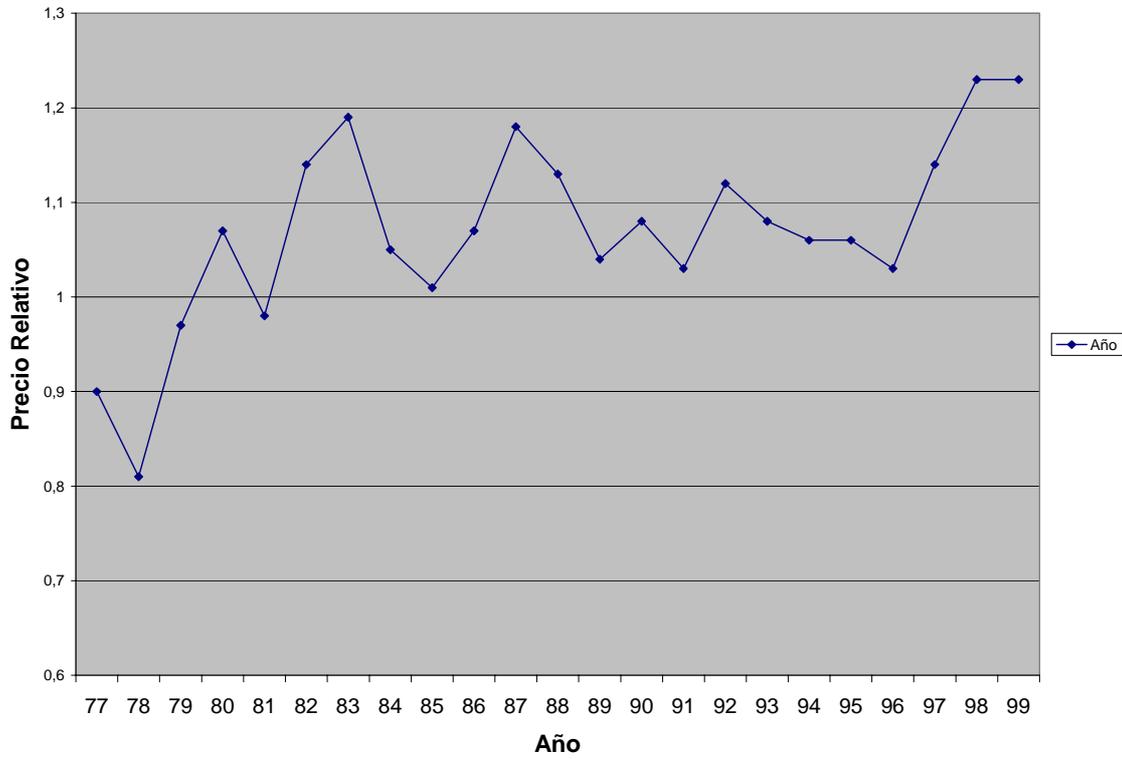


Grafico 2: Tierra Invernada/Tierra Cría

