

# Planificación de la producción de arroz en España. Metodología matemática necesaria

Manuel Alén — manualen@protonmail.com

Febrero 2022

## 1. Introducción

Existe un debate intenso sobre si los mejores métodos productivos dentro de la economía son los planificados o los no planificados. En este artículo lo que se va a hacer es un simple ejemplo de cómo se puede utilizar la planificación económica para obtener la producción necesaria para satisfacer unas demandas determinadas.

Se emplearán métodos matemáticos conocidos como la propia metodología de Leontief, pero además se utilizará teoría Bayesiana y otros métodos estadísticos. Se realizarán y se darán unas breves indicaciones sobre ciencia de la conducta para explicar algunos puntos importante del aprendizaje dentro del ciclo productivo.

El lector o lectora podrá percibir que aquí hay algunas cuestiones importantes como la cuadratura, la rigidez. No se puede hacer otra cosa que responder que depende. Es cierto que la planificación ecocnómica tiene mucho de rigidez al igual que al conductismo se le tacha de frío. Son más falsas creencias que otra cosa, y esto es algo que la lectora o el lector podrá ir.

## 2. Planificación económica de arroz en España

Es anecdotico que sobre la planificación económica se suele hablar bastante mal, pero después la gran mayoría de las empresas planifica su economía. Y es que planificar la economía no es más que realizar un estudio riguroso de qué se necesita para obtener un determinado producto.

Es lógico pensar que si vas a producir mesas de madera, como mínimo necesitarás maderas, mano de obra y algún material que permita unir la tabla de la mesa con las patas. Si la madera no está procesada, entonces se tendrán que realizar los cortes correspondientes y llegar al punto en el que habíamos empezado este ejemplo. La empresa en cuestión necesitará pensar cuánta madera necesita, para cuándo la necesita y ver cuánto tardaría en tenerla disponible. Eso es planificar. Después se podrá ver si es necesario optimizar la producción o no. Pero en esencia ésto es planificar.

### 2.1. Empezando a planificar

Gracias a los trabajos de Leontief[1] tenemos una metodología que nos va a facilitar los cálculos necesarios para planificar nuestra economía. Leontief fue un brillante economista de origen ruso que desarrolló un método novedoso para la planificación de una Economía Nacional que

le valió el "Premio Nobel en Economía". En su trabajo expuso el método de las tablas inputs-outputs, por el cual nos muestra que para obtener un producto necesitaremos también una cantidad concreta de insumos.

Se puede pensar como una receta de cocina. Pongamos el ejemplo de Arroz con pollo al curry:  
[h]

P. Pollo	Cebolla	Ajo	Manzana	Leche coco	A.OVE	Curry	Sal	Pimienta	Máquina
2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	225	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	45	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Esta sería nuestra tabla input-out para cocinar arroz con pollo al curry. Los datos están en unidades y ya será en cada ingrediente donde se especifique más. Pero en líneas generales, la planificación no es muy distinto a cocinar y seguir una receta.

Leontief nos aportó con su trabajo un método de cálculo matricial que nos será de utilidad para nuestra planificación económica. Lo único que necesitamos es saber qué elementos necesitamos para producir lo que queremos. Como una receta, necesitamos sus ingredientes.

Supongamos ahora que lo que queremos es producir arroz. Necesitamos como es evidente las semillas de arroz y aquí los kilogramos que saldrán dependerá del rendimiento del terreno. La producción es aproximadamente de entre 3 y 6 toneladas por hectárea, es decir entre 0,3 y 0,6 kilogramos por hectárea. Pero además necesitaremos una serie de productos para hacer más fértil la tierra y obtener una mayor eficiencia.

- Nitrógeno: 150 kg/ha
- Fósforo: 65 kg/ha
- Potasio: 115 kg/ha
- Riego: 5000 l para 1 kg
- Bensulfuron 0,08 % + Molinato 8 %: 55kg/ha
- Propanil 35 %: 10 l/ha
- Azimsulfuron 50 %: 0,045 kg/ha
- Bentazona 87 %: 2kg/ha
- Cicloxitin 10 %: 2,50 l/ha
- Cihalofop-butilo 20 %: 1,5 l/ha

- Dimepiperato 5 %: 55 l/ha
- Molinato 4,5 % + Tiobencarb 4,5 %: 55 l/ha
- Molinato 7,5 %: 60 l/ha
- Quinclorac 25 %: 3,25 l/ha
- Tiobencarb 10 %: 45 l/ha
- Carbaril 10 %: 20 kg/ha
- Etufenprox 30 %: 0,63 l/ha
- Fenitrotion 100 %: 1 l/ha
- Malation 97 %: 1,5 l/ha
- Triclorfon 5 %: 25 kg/ha

Esto lo pasariamos a nuestra matriz  $D$  que sería la matriz de demanda, pues todas las empresas/sector agrícola demandará estos inputs para poder producir arroz. Sabiendo que la matriz general de Demanda tiene esta forma:

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} \\ d_{21} \\ d_{31} \\ (...) \\ d_{n1} \end{bmatrix} \quad (1)$$

De esta forma, nuestra matriz de demanda quedaría de la siguiente forma:

$$D = \begin{bmatrix} 150 \\ 65 \\ 115 \\ 5000 \\ 55 \\ 10 \\ 0,045 \\ 2 \\ 2,50 \\ 1,50 \\ 55 \\ 55 \\ 60 \\ 3,25 \\ 45 \\ 20 \\ 0,63 \\ 1 \\ 1,5 \\ 25 \end{bmatrix} \quad (2)$$

La matriz  $I$  es la matriz identidad y su diagonal principal está compuesta por 1 y la matriz  $A$  por la división de cada elemento de la matriz de inputs entre la producción total.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11}/p_{11} & a_{12}/p_{11} & a_{13}/p_{11} & \dots & a_{1n}/p_{11} \\ a_{21}/p_{21} & a_{22}/p_{21} & a_{23}/p_{21} & \dots & a_{2n}/p_{21} \\ a_{21}/p_{31} & a_{22}/p_{21} & a_{23}/p_{31} & \dots & a_{3n}/p_{31} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/p_{n1} & a_{n2}/p_{n1} & a_{n3}/p_{n1} & \dots & a_{nn}/p_{n1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Así pues, la ecuación de Leontief completa quedaría de la siguiente forma:

$$X = (I - A)^{-1} \cdot D \quad (4)$$

y en notación matricial

$$X = \left( \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11}/p_{11} & a_{12}/p_{11} & a_{13}/p_{11} & \dots & a_{1n}/p_{11} \\ a_{21}/p_{21} & a_{22}/p_{21} & a_{23}/p_{21} & \dots & a_{2n}/p_{21} \\ a_{21}/p_{31} & a_{22}/p_{21} & a_{23}/p_{31} & \dots & a_{3n}/p_{31} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1}/p_{n1} & a_{n2}/p_{n1} & a_{n3}/p_{n1} & \dots & a_{nn}/p_{n1} \end{bmatrix} \right)^{-1} \cdot \begin{bmatrix} d_{11} \\ d_{21} \\ d_{31} \\ \dots \\ d_{n1} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Así pues y obteniendo datos de consumo para obtener una estimación de la demanda de arroz, obtenemos que la producción total debería ser de:

<i>Nitrógeno</i>	78494731,50
<i>Fósforo</i>	34014378,125
<i>Potasio</i>	60179290,125
<i>Riego</i>	2616515300,239
<i>Bensulfuron</i>	28781396,325
<i>Propanil</i>	5232980,700
<i>Azimsulfuron</i>	23548,4127
<i>Bentazona</i>	1046596,124
<i>Cicloxicidin</i>	1308245,156
<i>Cihalofop – butilo</i>	784947,0923
<i>Dimepiperato</i>	28781396,325
<i>Molinato</i>	28781396,325
<i>Molinato7,5</i>	31397887,200
<i>Quinclorac</i>	1700718,706
<i>Tiobencarb</i>	23548414,725
<i>Carbaril</i>	10465961,600
<i>Etofenpox</i>	327061,2879
<i>Fenitroton</i>	523298,061
<i>Malation</i>	784947,0923
<i>Triclorfon</i>	13082452,125
	523298,061

En base a esto, se podría llegar también cuánto tendría que producir cada sector productivo y así formar y completar toda la nueva rama productiva planificada. Para lograr ésto solamente

tendremos que seguir la siguiente ecuación matricial.

$$R = \begin{bmatrix} k_{11} \cdot x_{11} \\ k_{21} \cdot x_{21} \\ k_{31} \cdot x_{31} \\ \dots \\ k_{n1} \cdot x_{n1} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Donde  $K_{ij}$  es:

$$K = \begin{bmatrix} \left(1 - \frac{d_{11}}{x_{11}}\right) \cdot \frac{a_{11}}{\sum_{n=1}^y i_n + j_n} \\ \left(1 - \frac{d_{21}}{x_{21}}\right) \cdot \frac{a_{21}}{\sum_{n=1}^y i_n + j_n} \\ \left(1 - \frac{d_{31}}{x_{31}}\right) \cdot \frac{a_{31}}{\sum_{n=1}^y i_n + j_n} \\ \dots \\ \left(1 - \frac{d_{n1}}{x_{n1}}\right) \cdot \frac{a_{n1}}{\sum_{n=1}^y i_n + j_n} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Una vez realizados todos estos pasos, lo único que quedaría sería repartir de manera justa la producción nacional entre todos los posibles productores y determinar si es necesaria o no optimizar la producción o, si genera excedente, si ese excedente es necesario, puesto que podríamos tener menos excedente y por lo tanto minimizar.

### 3. Optimización económica

Imaginemos que en cada provincia hay solamente un centro productivo de cada input necesario para producir arroz y que el reparto se hace equitativo al considerar que cada centro productivo tiene casi las mismas características para poder producir en igualdad de condiciones. De esta forma cada centro tendría que producir:

<i>Nitrógeno</i>	1569894,63
<i>Fósforo</i>	680287,5625
<i>Potasio</i>	1203585,803
<i>Riego</i>	52330306
<i>Bensulfuron</i>	575627,9265
<i>Propanil</i>	104659,614
<i>Azimsulfuron</i>	470,968254
<i>Bentazona</i>	20931,92248
<i>Cicloxdin</i>	26164,90313
<i>Cihalofop – butilo</i>	15698,94185
<i>Dimepiperato</i>	575627,9265
<i>Molinato</i>	575627,9265
<i>Molinato7,5</i>	627957,744
<i>Quinclorac</i>	34014,37411
<i>Tiobencarb</i>	470968,2945
<i>Carbaril</i>	209319,232
<i>Etofenpox</i>	6541,225758
<i>Fenitrotion</i>	10465,96122
<i>Malation</i>	15698,94185
<i>Triclorfon</i>	261649,0425

Esta sería la producción planificada por cada centro productivo de cada input. Tendremos centros de trabajo donde se alcance o incluso supere la producción planificada, pero tendremos otros que no alcance la producción planificada. En este segundo caso se tendrían que identificar y optimizar su producción.

Cabe destacar que la optimización no debería tener por qué aplicarse en cada centro si éstos igualan o superan la producción planificada. Más adelante se explicará cómo identificar los centros que no hayan llegado a la producción planificada para satisfacer la demanda, pero por el momento veamos cómo optimizar con programación lineal.

### 3.1. Programación Lineal

Supongamos que hemos podido identificar qué fábrica(s) es/son la(s) que alcanza(n) los objetivos de producción. Para este caso vamos a utilizar un ejemplo inventado sobre la producción de tornillos y que hemos identificado a una fábrica que no alcanza los objetivos. Tras un tiempo analizando su método de producción desglosamos la fórmula que se emplea para producir tornillos en dicha fábrica.

Entre lo que nos encontramos es que diariamente suelen partir con esta cantidad de inputs en sus almacenes. Inputs necesarios para producir:

- Hierro: 5 toneladas
- Agua: 12 litros
- Emisiones CO<sub>2</sub>: 50 toneladas
- Fabricas: 4

Las emisiones no están en sus almacenes, sino que por producir emiten a la atmósfera 50 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además vemos que, por ejemplo, el Gobierno pide a esta fabricar producir 1.500 kilos de tornillos, pero vemos que producen 1.010 kilogramos. Nos vemos obligados a utilizar programación lineal para optimizar la producción en esta empresa.

```
// Funcion
max: tornillos;

// datos
hierro = 5;
agua = 12;
emisiones_co2 = 50;
fabricas = 4;

// Restricciones
2hierro+ 5agua+15trabajadores+fabricas+25emisiones_co2=10tornillos;

// limites
emisiones_co2 <= 70;
trabajadores <= 120;
agua <= 50;
hierro <= 60;
Gobierno >= 1500;
```

Por pura observación damos con que esta empresa sigue la siguiente expresión para producir 10 kilogramos de tornillos:

$$2 \cdot hierro + 5 \cdot agua + 15 \cdot trabajadores + fabricas + 25 \cdot emisionesCo2 \quad (10)$$

Donde solo tendríamos que aclarar que donde dice trabajadores no son trabajadores, sino horas de trabajo. Cabe destacar que además el plan económico pide a esta empresa que no puede emitir 70 toneladas o más de Co2, ni tener a sus trabajadores trabajando más de 120 horas al mes, ni usar más de 50 litros de agua ni usar más de 60 toneladas de hierro. Y como se ha dicho, una producción mínima de 1.500 toneladas de tornillos. Esto es lo que obtenemos como resultado:

- Hierro: 5 toneladas
- Agua: 12 litros
- Emisiones CO2: 50 toneladas
- Fabricas: 4
- Horas de trabajo: 120 mensuales
- Tornillos: 1.932,4 toneladas

Además de superar el plan económico por más de 400 toneladas, se comprueba que se han emitido 20 toneladas menos de Co2 y se han usado 38 litros menos de agua y 55 toneladas menos de hierro.

Al usar las 4 fábricas disponibles podemos deducir que ahora esta empresa está al máximo de sus capacidades productivas. El motivo por el que antes se producía menos puede ser variado, pero podría ser que se estuviesen empleando más recursos de los necesarios y eso generara una producción ineficiente.

Para este caso hemos optimizado la producción de tornillos, pero para el caso del arroz podrían ser los tornillos necesarios para maquinaria del sistema de riego o en lugar de tornillos, la producción de, por ejemplo, nitrógeno verde.

Para este caso lo que hemos tenido es un problema más de no utilizar eficientemente los recursos, lo que nos ha llevado a menor producción. Sería similar a que si dejas la comida al fuego más tiempo del necesario o le echas más sal. Esa comida es altamente probable que no se coma y hasta se pierda nutrientes. Pero las preguntas son:

- ¿Cómo detectar las empresas que no cumplen el plan?
- ¿Y si el fallo productivo no es como este caso sino que está en la propia mano de obra que no es del todo productiva?

## 4. Identificando dónde reside el problema productivo

Este apartado no debería ser excesivamente complejo si se desarrollan lo suficiente las fuerzas productivas lo suficiente como para que un servicio nacional de detección de producción por empresa, consiga almacenar toda la información necesaria. Cada empresa tendría que apuntar su producción diaria y por trabajador para tener unos registros amplios que permitan comprobar si se cumple la planificación o no.

No obstante podría ser que existan problemas tales como que estas fuerzas productivas no estén lo suficientemente desarrolladas, no se estén pasando debidamente los registros o bien podamos sospechar que haya empresas que falseen los registros. Para combatir estas situaciones se presentan algunos procedimientos a seguir que nos podrían ayudar a identificar dónde residen problemas productivos que estén provocando que no se cumpla el plan al completo.

### 4.1. Teoría Bayesiana

La Teoría Bayesiana es una teoría que utiliza probabilidad condicionada, es decir, establecemos una presunción inicial y medimos la probabilidad de que una acción ocurra sabiendo que antes ha ocurrido otra. Esta técnica se ha llegado a utilizar, por ejemplo, para encontrar la bomba de Palomares[3].

Y es que imaginemos que tenemos 2 empresas que producen sillas. Una produce más que otra y además cada una tiene una probabilidad determinada de producir sillas defectuosas. Imaginemos que queremos saber la probabilidad que existe de producir en una empresa determinada (supongamos la empresa A) sabiendo que la silla era defectuosa. Tendríamos que utilizar la siguiente expresión:

$$P(A|D) = \frac{P(A) \cdot P(D|A)}{P(D)} \quad (11)$$

$P(A|D)$  representa nuestro problema, la probabilidad de que la silla producida sea de la empresa A sabiendo que es defectuosa.  $P(D|A)$  es la probabilidad de que la empresa A desarrolle una silla defectuosa y  $P(D)$  es la probabilidad total de que las 2 empresas fabriquen una silla defectuosa. Vamos a verlo con un ejemplo.

Supongamos que tenemos 2 empresas que producen nitrógeno. La empresa A produce el 60 % del nitrógeno y la empresa B el 40 restante. La probabilidad de que la empresa A no cumpla el plan es del 5 % (por lo tanto el 95 % de que lo cumpla), mientras que el de que no lo cumpla la empresa B es del 13 %.

¿Dónde es mayor la probabilidad de no cumplir el plan económico? ¿Y dónde es mayor la probabilidad de cumplirlo? Hagamos los cálculos para el caso de que A no cumpla y apliquemos lo mismo para el resto de opciones.

$$P(A|F) = \frac{P(A) \cdot P(F|A)}{P(F)} = \frac{0,60 \cdot 0,05}{(0,60 \cdot 0,05) + (0,40 \cdot 0,13)} \quad (12)$$

Lo que hace una probabilidad del 36,58 % de que la empresa A/ no cumpla el plan económico. Aplicando el mismo criterio para el resto de probabilidades sacamos que:

Probabilidad	Porcentaje
No cumplir A	36,58
No cumplir B	63,41
Cumplir A	62,09
Cumplir B	37,91

Es decir, es mucho más probable que la empresa *B* no cumpla el plan económico que la empresa *A* por lo que podríamos empezar analizando la producción de *B* y así ahorrarnos unos costes de gestión por analizar las 2.

#### 4.2. Determinando el error

Una vez identificada la empresa donde es más probable que se haya producido el error, nos quedaría analizar a qué se debe el error. Podría ser que esa empresa utilice tecnología antigua o poco eficiente, por lo que simplemente dando la suficiente formación y una nueva tecnología que sea eficiente, podría llegar a resolverse el problema tras un pequeño periodo de adaptación.

También podría darse el caso de que el fallo venga por parte de los propios trabajadores, por lo que ¿Puede ser que el grupo de trabajadores sea muy grande y sea mejor dividir el grupo en 2 grupos para reducir la probabilidad? Para esto utilizamos la distribución binomial de tal forma que:

$$P(x; P, n) = \binom{n}{x} \cdot (p)^x \cdot (1 - p)^{(n-x)} \quad (13)$$

Así pues, imaginemos que tenemos un departamento en una empresa de, por ejemplo, Cihalofop-butilo donde hay 30 personas y la probabilidad de error es del 3 %. Las probabilidades de tener, al mes, más de 2 errores dejando un grupo o varios subgrupos es de:

Grupos	Porcentaje (%)
1 Grupo	6,01
2 Grupos	1,88
3 Grupos	0,84
5 Grupos	0,25
6 Grupos	0,18
10 Grupos	0
15 Grupos	0
30 Grupos	0

Se observa que la probabilidad de más de 2 errores disminuye conforme vamos aumentando el número de subgrupos. Es decir, la probabilidad de error vía mano de obra(los propios trabajadores) se reduce conforme más dividimos el trabajo haciendo que cada persona realice actividades muy concretas y se puedan especializar en un tema concreto. Pero esto es para tener al menos 2 errores al mes ¿Si fuésemos más exigentes y medimos la probabilidad de al menos 1 error al mes ocurriría lo mismo? Pues vamos a verlo.

Grupos	Porcentaje( %)
1 Grupo	59,9
2 Grupos	73,34
3 Grupos	78,78
5 Grupos	83,5
6 Grupos	84,78
10 Grupos	87
15 Grupos	88,65
30 Grupos	90

Algo ha pasado. Se aprecia que aquí ocurre al contrario. El tener al menos 1 error al mes aumenta conforme más dividimos el trabajo hasta tal punto que un trabajo individualista tiene una probabilidad de, al menos 1 error al mes, del 90 %. Es decir, la empresa tendría que:

- Pensar si quiere permitir al menos 1 error y tratar de evitar dicho error o consentir errores y tratar de reducir a partir de 2 errores al mes.
- Si quiere evitar al menos 1 error, no le cabe otra que formar 1 grupo de las 30 personas disponibles y aún así tendrá un 59,9 % de probabilidades de tener al menos 1 error. De querer asumir al menos 2 errores, lo que tendrá que hacer será, como mínimo, dividir el trabajo para que se pueda realizar en 10 grupos de 3 personas cada una (ojo, la probabilidad no es del 0 %, hay muchos ceros tras la coma pero podemos asumir que es prácticamente 0).

Lo más lógico sería asumir que se van a dar errores (2 como mínimo al mes) y tratar de reducir a partir del tercer error. Para esto, supongamos, que se decidan formar 10 grupos de 3 personas ¿Cuántas combinaciones hay?

$$C_n^k = \frac{n!}{(n - k)! \cdot k!} \quad (14)$$

Ayudándonos de esta expresión que nos aporta la combinatoria, obtendríamos:

$$C_{30}^3 = \frac{30!}{(30 - 3)! \cdot 3!} = 4060 \quad (15)$$

Es decir, que tendríamos más de cuatromil combinaciones posibles antes de repetir una combinación de trabajadores. Supongamos que en 25 días los trabajadores que pasen a una nueva combinación (ahora veremos por qué se utilizan estos días).

Es decir, que una empresa antes de determinar si un (o varios trabajadores/as) son ineficientes, además de descartar que la tecnología disponible es lo suficientemente eficiente para asumir que el error reside en la mano de obra, tendrá que esperar 25 días en cada combinación. Es decir, un total de 101.500 días. O lo que es lo mismo (considerando 20 días de trabajo al mes -4 semanas al mes por 5 días a la semana-) 5.075 meses. Es decir, 423 años. Varios puntos que aclarar.

- ¿Por qué esperar 25 días por combinación?
- ¿Qué está pasando con los despidos que se producen actualmente?

```

library (pwr)
pwr.t.test (power = 0.80, d = 0.81, sig.level = 0.05)

Two-sample t test power calculation

n = 24.9236
d = 0.81
sig.level = 0.05
power = 0.8
alternative = two.sided

```

Con el lenguaje R y su librería pwr podemos realizar un test para ver que muestra por grupo necesitamos por grupo para obtener un tamaño de efecto considerado como grande. Los tamaños de efecto grande son los de  $d \geq 0.80$  y lo que nos dice es que la relación estudiada en 2 grupos "se ve a simple vista". Pues bien, para obtener un tamaño de efecto grande con un nivel de significancia del 95% y una potencia de 80% necesitamos 25 muestras por grupo. En nuestro caso, días.

Y con ésto respondemos no sólo a la primera pregunta, sino también a la segunda pregunta. Las pequeñas empresas (entre más de 10 y menos de 50 trabajadores, nuestro caso de una empresa con 30 trabajadores al menos en un departamento-) son casi el 9% sobre el total de empresas que había en España en 2019 según los datos de la Agencia Tributaria[4]. Se va a hablar solamente de los despidos en las pequeñas empresas pues, dado nuestro ejemplo, son las que aplicarían, pero igual para las demás. Todos los despidos que se hayan producido en estas empresas que, tras analizar si las posibles ineficiencias en el trabajo no se deben a la disposición de una peor tecnología y que los problemas se dan por la mano de obra, y no hayan esperado los 423 años para despedir a uno/a o varios trabajadores/as, esos despidos deberían considerarse nulos o, en su defecto, improcedentes. Al autor de este artículo, personalmente, le parece que pocas empresas han esperado a que al trabajador del que se tiene sospechas de ser ineficiente, cumpliera los 423 años en la empresa y cumplidas todas las combinaciones posibles. Al autor se le puede llamar suspicaz o bien que duda que una persona tenga más de 400 años. No obstante el autor de este artículo está abierto a asumir su equivocación si se presenta una sola persona que tenga más de 400 años de experiencia en una empresa. Mientras tanto y ante falta de esta evidencia, todos los despidos deberían considerarse nulos o improcedentes de base. Todo lo demás sería dar mucha facilidad para despedir al efectuar un despido sin reunir toda la evidencia posible.

### 4.3. Sobre reforzadores

Supongamos que una empresa con problemas para cumplir el plan económico ya ha determinado que el error no está en su modelo productivo, ni en su tecnología, sino que está en su mano de obra y, de alguna manera, esa persona con un mínimo de 440 años, es la causante de no cumplir el plan productivo ¿Hay alguna alternativa al despido? Sí.

Y es que gracias a los trabajos de B.F. Skinner[5] sabemos desde el 1938 que las conductas reforzadas tienden a permanecer en el tiempo y las que no se refuerzan a desaparecer. El aprendizaje no es más que hacer que una determinada conducta permanezca a lo largo del tiempo, como por ejemplo podría ser resolver un sistema de ecuaciones. El lector, una vez llegado hasta este punto, debe saber ya qué es lo que se debería realizar.

La empresa debería implementar un completo sistema de reforzadores para hacer que la persona que no está siendo del todo productiva module su conducta hacia una más productiva. La empresa deberá formar a conciencia a esa persona y, conforme se observe que la conducta pase a ser más productiva, reforzarla. 2 son las vías posibles:

- Tasa de intervalo fijo: Consiste en reforzar, por ejemplo, cada 3 veces que se realice la conducta deseada.
- Tasa de intervalo variable. Es un modelo de reforzador aleatorio, por lo que el individuo (trabajador en este caso) no pueda establecer un patrón, pero que el reforzador se dé con una demora suficiente y necesaria como para que no se produzca extinción de conducta.

Lo ideal en estos casos es esperar un tiempo prodencial bajo la tasa de intervalo fijo y cuando se haya creado una rutina en la conducta deseada (mayor productividad) pasar progresivamente a una tasa de intervalo variable, pues en este tipo de tasas se dan incrementos más notables en la realización de la conducta. Un ejemplo son las apuestas. El reforzador "premio" no se da cada x veces, sino de forma aleatoria como puede ser en una máquina tragaperras.

El reforzador puede ser en salario o bien en puntos que, una vez acumulados un número determinado, se pueda canjear en, descuentos en la cafetería de la empresa, días de descanso extra, reconocimiento público,etc. Este sistema de reforzadores de salario o fichas se conoce como economía de fichas y es lo que estrás tras "los móviles regalados por puntos", "los cartones en restaurantes que, por cada 10 consumiciones tienes 1 gratis.", "en supermercados los "por pedidos mayores de 50€ los gastos de envío son gratis.", el propio salario por realizar un trabajo o hasta las subidas salariales en función de objetivos. Cuenta con una gran evidencia como se puede apreciar.

En este punto se ha demostrado que, aunque el problema productivo residiera en la mano de obra, hay muchas alternativas al despido, alternativas como puede ser sistemas de reforzadores como los expuestos. Para nuestro caso, conocer esta parte de la ciencia de la conducta (pero con evidencia, no como la praxeología de Mises, una teoría que no tiene evidencia empírica alguna y que ha entrado de forma permanente en la crisis de replicación) nos será útil para lograr cumplir los objetivos del plan económico.

## 5. Necesidades para el completo y correcto desarrollo de un Plan Económico

Mencionado todo lo anterior, solo nos quedaría mencionar, además de las conclusiones, las necesidades que tendría todo plan económico.

Lo primero que se necesita es información suficiente y necesaria relativa a la demanda a satisfacer y los inputs que se requieren para cada rama productiva. En cuanto a la demanda no es excesivamente complejo, gracias a portales nacionales de estadística sería posible determinar el consumo por persona. También se pueden desarrollar, en asambleas populares, mecanismos democráticos por el cual la propia población organizada, informe a las autoridades de

planificación las necesidades de consumo.

En cuanto a los inputs necesarios, tampoco sería complejo y las vías posibles para lograrlo son 2:

- Expropiación total de los medios de producción: El Estado podría expropiar todas las empresas y que éstas pasaran a ser propiedad estatal y sus trabajadores funcionarios(cumpliendo así con dificultar el despido tal y como hemos visto en el punto 4.2). En este momento, el Estado tendría toda la información necesaria para pasarsela a las autoridades de planificación para desarrollar el plan económico.
- Permitir la propiedad privada de los medios de producción pero con intercambio fluido de información con las autoridades de planificación: Si bien se pueden permitir también la empresa privada, siempre debería ser con una fuerte intervención estatal, de tal forma que éstas compartan información fluida con las autoridades de planificación para lograr los objetivos de planificación. Esto no es algo raro y Red Eléctrica Española puede realizar sus predicciones sobre consumo eléctrico en el Estado Español gracias a que las empresas eléctricas tienen que pasarle información de utilidad.

Quienes aún argumenten que el sector público es siempre más ineficiente que el privado, lo primero que tienen que hacer es explicar a qué se refieren con ser eficiente. Si se refiere a ganancias, entonces sí. Pero es que eso va a ser siempre de base puesto que por balances sectoriales, todo gasto del Estado es ingresos de los hogares. El déficit público es superávit privado. Quien persiga superávit público, que sea consciente que provocará déficit privado. Un Estado con soberanía monetaria no tiene problema por endeudarse con su propio Banco Central.

Es posible que estas personas se refieran a la calidad de los productos o servicios ofrecidos. Si bien se puede decir eso, también se tendría que asumir que quienes mantengan ese mantra, estarían contra la evidencia empírica[6], una evidencia que, en el peor de los casos para los productos y servicios que ofrece el sector público, no hay diferencias cualitativas con el sector privado y que en muchas casos, los productos y servicios del sector públicos son más eficientes que los del privado.

Pero además, ante posibles ineficiencias productivas en el sector público, simplemente se tendría que aplicar todo el punto 4. ¿Es ineficiente porque no se gasta lo suficiente en bienes de equipo por la visión de reducir el gasto público a toda costa? ¿Es ineficiente por su mano de obra? ¿Se han desarrollado un sistema amplio y completo de reforzadores?

Todas estas preguntas deben responderse sino se quiere caer en una visión poco rigurosa. También cabe responder si una menor producción es realmente problemático y si lo es, en qué aspecto. Es decir, si la producción satisface la demanda y generando excedente productivo mediante la planificación económica aunque sea un menor excedente que en la visión más "Liberal". ¿Es realmente un problema? La demanda se satisface, se reparte equitativamente y además se genera excedente. Recordemos que de las 1.500 toneladas de arroz que tenía que producir una empresa, se han producido 1.900 toneladas de arroz con la planificación económica.

¿Una mayor producción y emitiendo más Co2 o usando más agua es realmente positivo? Considerando la crisis medioambiental no lo parece. Así pues, una menor producción, si

satisface la demanda, genera un poco de excedente y sigue criterios ecológicos, no debería ser un problema aunque la producción sea menor que antes.

## 6. Resultados

Para nuestra planificación de arroz anual observamos que produciríamos unos 2.505.604,09 toneladas de arroz de las 523.298,06 toneladas necesarias para satisfacer la demanda. Y no necesitarios utilizar muchos más recursos. Solamente tendríamos que utilizar 0,24 litros más de agua de lo planificado y 0,25 toneladas más de Cicloxicid de lo que teníamos planificado al principio.

Si realizamos una pequeña simulación de 100 ciclos productivos (100 años) comparando la producción de arroz por la vía de la planificación económica y por la vía de la no planificación, se obtendría un tamaño de efecto de 10.929,75. Es decir, queda claro a simple vista que, en cuanto a arroz, la producción sería mucho mayor si se planifica la economía, generando excedente suficiente para satisfacer la demanda en otros ciclos productivos o hasta cederlo gratuitamente a países donde existan grandes índices de pobreza.

Todo este excedente (casi 2 millones de toneladas de excedente) puede hacernos pasar a la siguiente fase y preguntarnos si necesitamos tanto arroz y replantearnos una producción ligeramente menor (aún generando un poco de excedente) y así utilizar menos recursos naturales y bajo una perspectiva ecológica.

## 7. Conclusiones

Se ha visto como la planificación económica de un país es perfectamente viable, ya se han tenido experiencias previas como la Chile de Salvador Allende que consiguió mantener los recursos básicos con un 1% de sus camioneros y fue gracias a la planificación económica. Las grandes redes de ordenadores de hoy en día facilita mucho los cálculos necesarios para realizar todo este cálculo matricial y la resolución de los sistemas de ecuaciones dentro de la optimización mediante programación lineal.

No obstante, la planificación económica no es inmune a posibles fallos. Sin embargo, existen vías como la expuesta en el presente artículo para hacerles frente y cumplir el plan económico. Tras lo expuesto, se aprecia que un correcto provisionado de recursos necesarios para la producción con la planificación económica nos permitiría responder de manera más eficiente ante posibles crisis temporales. Por ejemplo, si un Estado, tras realizar su planificación económica determina como en nuestro caso, el Fósforo necesario para producir arroz, con una correcta provisión inicial, se hubiese podido atender de manera más eficiente al Covid-19. Algo similar a lo ocurrido con la crisis de los camiones en Chile cuando Allende llegó al poder.

Como ya se ha atajado, la producción en una economía planificada no tiene por qué ser menor que en una economía planificada que en una economía no planificada. A pesar de esto y aunque en casos concretos se llegase a producir menos, cabe responder a la pregunta si, aún con una producción menor, se satisface la demanda y si, además, genera algún excedente productivo (aunque menor que antes) para poder atender a posibles ineficiencias productivas en el siguiente ciclo productivo.

Otra pregunta es que generar excedente no siempre tiene que ser positivo, dado que si el excedente es tan grande que no se consiga almacenar debidamente y parte de esa producción se pierda. El caso más típico es en la producción de comida, puede que generar un excedente muy grande no sea eficiente puesto que podría darse que, la producción satisfaga la demanda, pero que una gran parte del excedente se estropee. Otro ejemplo podría ser algunos productos tecnológicos que por la propia falta de uso terminen deteriorándose.

Los resultados que se han obtenido en cuanto a la producción de arroz son muy positivos y se aprecia que la planificación económica, al menos en lo que respecta a la producción de arroz, superaría por casi 4 veces en consumo medio anual de España.

## 8. Referencias

1. Leontief,W. (1936). Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. MIT Press
2. Instituto Nacional de Estadística (2022). Gasto por códigos de gasto (5 dígitos ECOICO-P/EPF)
3. El Blog de picanúmeros (2021). La estadística detrás del rescate de la bomba de Palomares.
4. Agencia Tributaria, Estadísticas (2019). Cuenta de pérdidas y ganancias por Dimensión de empresa y Sector.
5. Skinner, B. F. (1938). The behavior of organisms: an experimental analysis. Appleton-Century.
6. EPSU-FSESP-EGÖD (2014). Public and private sector efficiency: A brief for the EPSU Congress by PSIRU