

Análisis de la producción lechera en granjas españolas

Analizando los factores clave que determinan su rendimiento.

Por: Miguel Diaz Perez de Juan y Dante Mathieu Schrantz Castro

[Acceso GitHub](#)

En un sector tan competitivo como la producción de leche, ¿qué hace que algunas granjas sean más rentables que otras? ¿Es el número de vacas, la cantidad de tierra, la mano de obra, o la alimentación lo que marca la diferencia? En este análisis, intentaremos descifrar cómo estos factores afectan la producción de leche y cuál es la influencia real de cada uno en el rendimiento de las granjas. Usaremos datos reales de unas 250 granjas del norte de España, con registros de varios años, para entender mejor el comportamiento de las variables que afectan a esta industria.

1 Objetivo

Nuestro objetivo es explorar la relación entre las variables explicativas (como vacas, tierra, mano de obra y alimentación) y la producción de leche. Usaremos nuestro conjunto de datos de producción lechera para obtener un modelo econométrico que nos permita entender cómo estos factores afectan el rendimiento de las granjas, y qué variables tienen mayor influencia.

2 ¿Por qué?

La idea de este trabajo surgió una tarde entre Dante y yo, tomando un Colacao en medio de una conversación sobre la realidad de las granjas lecheras en el norte de España, especialmente en Galicia, de donde soy. Mientras charlábamos sobre cómo muchas de estas granjas luchan por mantenerse a flote, nos dimos cuenta de que era un tema que merecía ser estudiado. ¿Por qué no explorar cómo las variables económicas y operacionales de estas granjas afectan la producción de leche? Así nació nuestra motivación para analizar estos datos, con la intención de aportar alguna luz sobre cómo mejorar la eficiencia de las granjas lecheras y, de paso, comprender mejor la rentabilidad y la sostenibilidad del sector.

3 Variables a considerar

Las variables presentes en el conjunto de datos son las siguientes:

Entradas:

- **COWS:** Número de vacas en la granja.
- **LAND:** Medida de la cantidad de terreno disponible.
- **LABOR:** Número de trabajadores en la granja.
- **FEED:** Cantidad de alimentación proporcionada.

Variables transformadas (logaritmos):

- **X1 (log de COWS):** Logaritmo del número de vacas en la granja.
- **X2 (log de LAND):** Logaritmo de la cantidad de terreno disponible.
- **X3 (log de LABOR):** Logaritmo del número de trabajadores.
- **X4 (log de FEED):** Logaritmo de la cantidad de alimentación proporcionada.

Términos Translog (variables cuadráticas y de productos cruzados):

- **X11, X22, X33, X44:** Cuadráticos de las variables logarítmicas X1, X2, X3 y X4, respectivamente.
- **X12, X13, X14, X23, X24, X34:** Productos cruzados de las variables logarítmicas, que capturan las interacciones no lineales entre ellas.

Variables dummy de año:

- **YEAR93, YEAR94, ..., YEAR98:** Variables que indican el año de observación.

Salida:

- **MILK:** La producción total de leche de cada granja.
- **YIT (log de la producción de leche):** En nuestro caso no la usaremos, usaremos directamente el output de leche -> MILK para nuestros modelos y para el Time Series.

4 Metodología - Datos de Panel


1. **Datos de Panel:** Dado que tenemos datos de varias granjas a lo largo de varios años ($N = 247$, $T = 6$), el modelo adecuado para este análisis es un modelo de **panel**. Esto nos permitirá capturar tanto las variaciones a nivel de granja como las variaciones temporales.
2. **Regresión de Panel:** Usaremos una regresión de panel para analizar cómo las variables de entrada y los efectos del año influyen en la producción de leche. Además, probaremos con efectos fijos y aleatorios para ver qué tipo de especificación se ajusta mejor a los datos.
3. **Multicolinealidad:** Antes de realizar la regresión, verificaremos si existe multicolinealidad entre las variables de entrada, usando el índice de **VIF** (Factor de Inflación de la Varianza).

5 Metodología - Time Series

1. **Series Temporales:** Dado que nuestro objetivo es predecir la producción de leche (**MILK**) a partir de sus valores pasados y de los lags de la variable **COWS**, aplicamos un análisis de **series temporales**. En este análisis, consideramos que la producción de leche depende de los valores previos de la variable de vacas.
2. **Autocorrelación y Lags:** Después de obtener la serie temporal, hemos realizado un análisis de **autocorrelación** para identificar si los **lags de la variable COWS** son significativos para predecir el valor futuro de la producción de leche. Esto nos ayudó a seleccionar los lags adecuados para el modelo.
3. **Modelos AR (Autoregresivos):** Para predecir la producción futura de leche, aplicamos un **modelo AR** usando los **lags de COWS** seleccionados. Esto nos permitió capturar la relación entre la producción de leche y los valores pasados de las vacas.
4. **Evaluación de Resultados:** Finalmente, analizamos los resultados del modelo AR, evaluando la significancia de los coeficientes.

```
In [ ]: import os
os.chdir('/Applications/Stata/utilities')
from pystata import config
config.init('se')

%stata import delimited "/Users/danteschranz/Desktop/UNAV/2024-2025/Modeling Trabajo Final/dairy.csv"
```



StataNow 18.5
SE—Standard Edition

Statistics and Data Science
Copyright 1985–2023 StataCorp LLC
StataCorp
4905 Lakeway Drive
College Station, Texas 77845 USA
800–782–8272 <https://www.stata.com>
979–696–4600 service@stata.com

Stata license: Single-user , expiring 25 Nov 2024
Serial number: 401809408832
Licensed to: Dante Schrantz
Universidad de Navarra

Notes:

- 1. Unicode is supported; see help unicode_advice.
- 2. Maximum number of variables is set to 5,000 but can be increased; see help set_maxvar.

(encoding automatically selected: ISO-8859-1)
(28 vars, 1,482 obs)

Fuentes de Datos

Los datos utilizados provienen de un conjunto de datos sobre la producción lechera en granjas españolas, disponible en la web de NYU Stern, que proporciona acceso a diversos conjuntos de datos de panel utilizados en econometría. Esta fuente es una recopilación de datasets que pueden ser utilizados para análisis económicos y agrícolas.

Se puede encontrar más información y acceder al conjunto de datos en el siguiente enlace: [NYU Stern Panel Data Sets](#).

```
In [ ]: %stata summarize
```

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
farm	1,482	124	71.32624	1	247
year	1,482	95.5	1.708402	93	98
cows	1,482	22.11619	11.27415	4.5	82.3
land	1,482	12.9857	6.172051	2	45.1
milk	1,482	131106.6	92583.98	14410	727281
labor	1,482	1.671997	.5527831	1	4
feed	1,482	57941.35	47981.24	3924.141	376731.6
yit	1,482	11.57749	.6434377	9.575678	13.49707
x1	1,482	-1.40e-09	.4885577	-1.474623	1.431671
x2	1,482	5.16e-09	.4559323	-1.767564	1.348171
x3	1,482	5.43e-09	.3428585	-.4570751	.9292222
x4	1,482	-1.22e-09	.7599885	-2.410496	2.153889
x11	1,482	.1192638	.1723436	1.80e-06	1.087256
x22	1,482	.103867	.1539671	.0000273	1.562141
x33	1,482	.0587363	.0534247	.0013315	.4317269
x44	1,482	.2885964	.3847499	0	2.905246
x12	1,482	.1531676	.2855238	-.3743768	2.054143
x13	1,482	.0949598	.1775786	-.4079377	1.025777
x14	1,482	.3305641	.4785109	-.1321613	3.20606
x23	1,482	.052876	.1626291	-.4664559	1.252751
x24	1,482	.1923081	.4297219	-.9513205	3.722819
x34	1,482	.1426242	.2619795	-.5546867	1.495623
year93	1,482	.1666667	.3728038	0	1
year94	1,482	.1666667	.3728038	0	1
year95	1,482	.1666667	.3728038	0	1
year96	1,482	.1666667	.3728038	0	1
year97	1,482	.1666667	.3728038	0	1
year98	1,482	.1666667	.3728038	0	1

```
In [ ]: %stata label variable farm "Identificador único de la granja"
%stata label variable year "Año de la observación (93-98)"
```

```
%stata label variable cows "Número de vacas en la granja"
%stata label variable land "Superficie de tierra utilizada en hectáreas"
%stata label variable labor "Horas de trabajo de los empleados"
%stata label variable feed "Cantidad de alimentación proporcionada a las vacas"
%stata label variable yit "Logaritmo de la producción de leche"
%stata label variable x1 "Deviation from the mean (log)"
%stata label variable x2 "Deviation from the mean (log)"
%stata label variable x3 "Deviation from the mean (log)"
%stata label variable x4 "Deviation from the mean (log)"
%stata label variable x11 "Square of X1"
%stata label variable x22 "Square of X2"
%stata label variable x33 "Square of X3"
%stata label variable x44 "Square of X4"
%stata label variable x12 "Cross-product of X1 and X2"
%stata label variable x13 "Cross-product of X1 and X3"
%stata label variable x14 "Cross-product of X1 and X4"
%stata label variable x23 "Cross-product of X2 and X3"
%stata label variable x24 "Cross-product of X2 and X4"
%stata label variable x34 "Cross-product of X3 and X4"
%stata label variable year93 "Dummy variable for year 1993"
%stata label variable year94 "Dummy variable for year 1994"
%stata label variable year95 "Dummy variable for year 1995"
%stata label variable year96 "Dummy variable for year 1996"
%stata label variable year97 "Dummy variable for year 1997"
%stata label variable year98 "Dummy variable for year 1998"
```

In []: %stata describe

```
Contains data
Observations:      1,482
Variables:          28
```

Variable name	Storage type	Display format	Value label	Variable label
farm	int	%8.0g		Identificador único de la granja
year	byte	%8.0g		Año de la observación (93-98)
cows	float	%9.0g		Número de vacas en la granja
land	float	%9.0g		Superficie de tierra utilizada en hectáreas
milk	long	%12.0g		MILK
labor	float	%9.0g		Horas de trabajo de los empleados
feed	float	%9.0g		Cantidad de alimentación proporcionada a las vacas
yit	float	%9.0g		Logaritmo de la producción de leche
x1	float	%9.0g		Deviation from the mean (log)
x2	float	%9.0g		Deviation from the mean (log)
x3	float	%9.0g		Deviation from the mean (log)
x4	float	%9.0g		Deviation from the mean (log)
x11	float	%9.0g		Square of X1
x22	float	%9.0g		Square of X2
x33	float	%9.0g		Square of X3
x44	float	%9.0g		Square of X4
x12	float	%9.0g		Cross-product of X1 and X2
x13	float	%9.0g		Cross-product of X1 and X3
x14	float	%9.0g		Cross-product of X1 and X4
x23	float	%9.0g		Cross-product of X2 and X3
x24	float	%9.0g		Cross-product of X2 and X4
x34	float	%9.0g		Cross-product of X3 and X4
year93	byte	%8.0g		Dummy variable for year 1993
year94	byte	%8.0g		Dummy variable for year 1994
year95	byte	%8.0g		Dummy variable for year 1995
year96	byte	%8.0g		Dummy variable for year 1996
year97	byte	%8.0g		Dummy variable for year 1997
year98	byte	%8.0g		Dummy variable for year 1998

```
Sorted by:
Note: Dataset has changed since last saved.
```

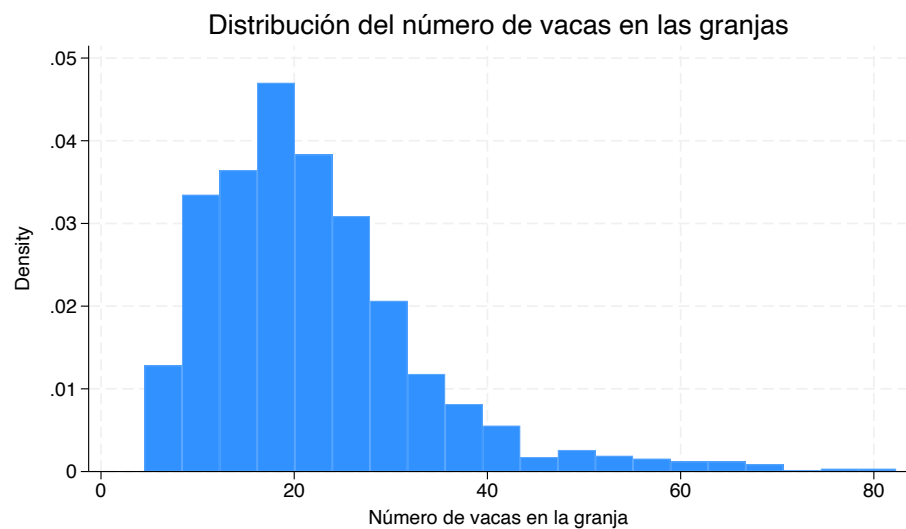
In []: %stata histogram cows, bin(20) title("Distribución del número de vacas en las granjas") xlabel(, grid) ylabel(, grid)

%stata histogram land, bin(20) title("Distribución del área de tierra utilizada en las granjas") xlabel(, grid) ylabel(, grid)

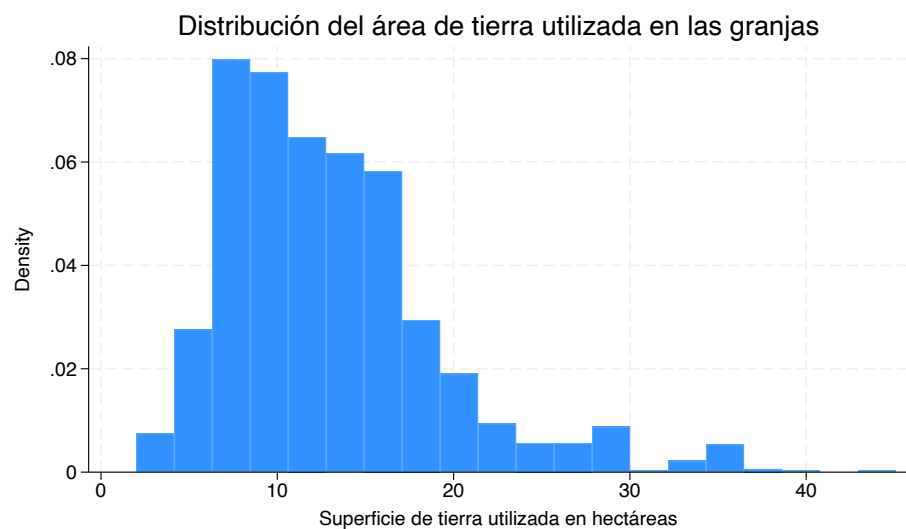
%stata histogram labor, bin(20) title("Distribución del trabajo (horas) en las granjas") xlabel(, grid) ylabel(, grid)

%stata histogram feed, bin(20) title("Distribución de la cantidad de alimento en las granjas") xlabel(, grid) ylabel(, grid)

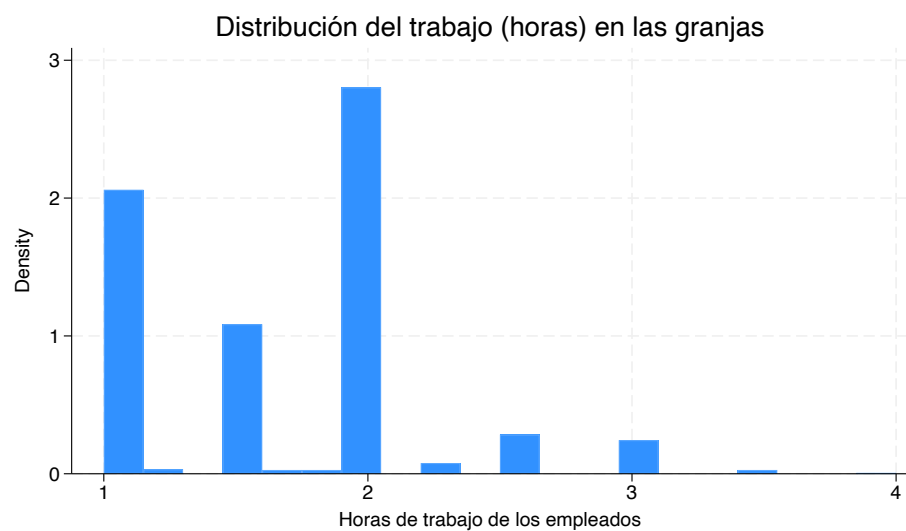
(bin=20, start=4.5, width=3.8900002)



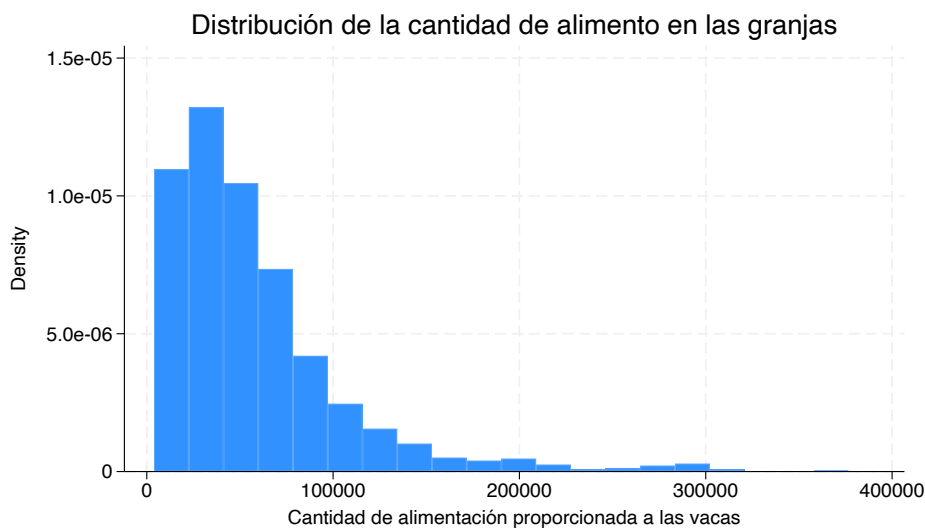
(bin=20, start=2, width=2.1549999)



(bin=20, start=1, width=.15)



(bin=20, start=3924.1411, width=18640.371)



1. Distribución del Número de Vacas en las Granjas 🐮

- **Forma de la Distribución:** La distribución es asimétrica positiva (con sesgo a la derecha), lo cual significa que la mayoría de las granjas tienen un número relativamente bajo de vacas, mientras que pocas granjas tienen un número mas alto de vacas.
- **Moda:** El máximo de la distribución se encuentra entre 15 y 25 vacas, lo que sugiere que la mayoría de las granjas tienen un número de vacas en este rango.
- **Cola Derecha:** La cola derecha es larga, indicando que hay algunas granjas con un número significativamente mayor de vacas, aunque son pocas en comparación con la mayoría.

2. Distribución del Área de Tierra Utilizada en las Granjas 🌾

- **Forma de la Distribución:** La distribución del área de tierra también muestra un sesgo a la derecha, similar a la distribución del número de vacas. Esto indica que la mayoría de las granjas tienen una superficie relativamente pequeña, mientras que hay pocas con grandes extensiones de tierra.
- **Moda:** La moda se encuentra entre 8 y 12 hectáreas, lo cual sugiere que la mayoría de las granjas utilizan una superficie en este rango.
- **Cola Derecha:** La cola es más larga, lo que implica que hay algunas granjas que usan una gran cantidad de tierra, aunque son pocas.

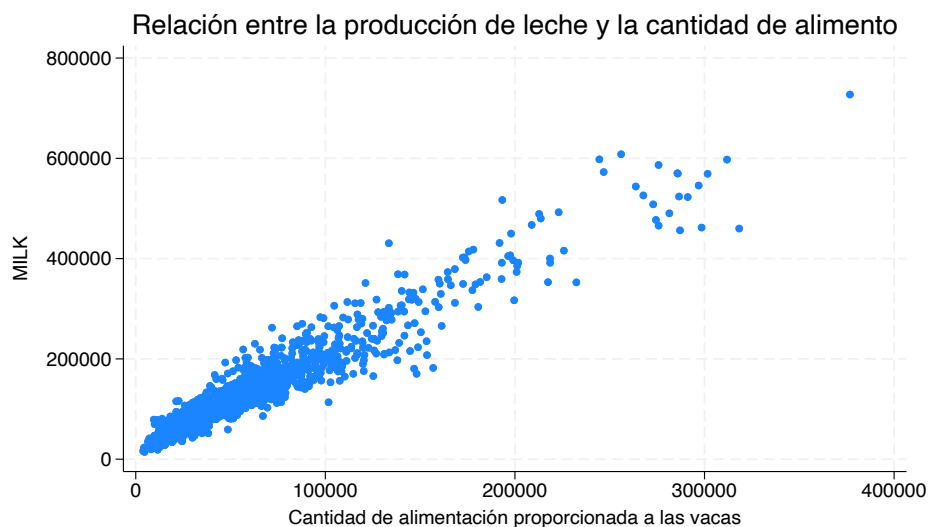
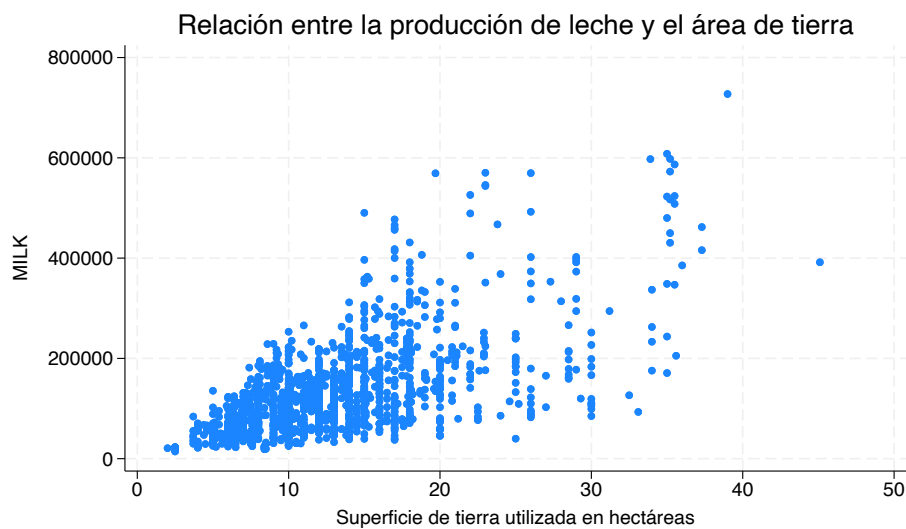
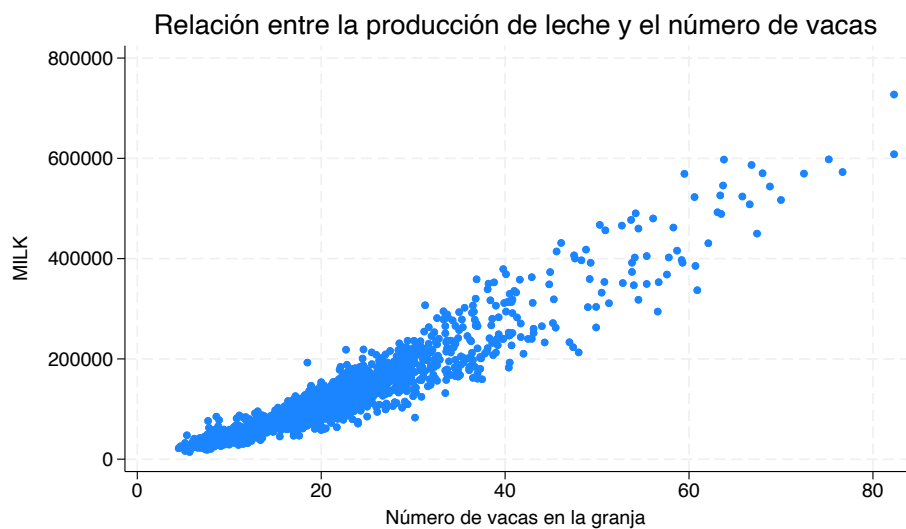
3. Distribución del Trabajo en las Granjas 🧑🌾

- **Forma de la Distribución:** La distribución es claramente asimétrica y discontinua, mostrando varios picos. Hay dos valores de densidad altos, correspondientes a las horas de trabajo en la granja, posiblemente indicando categorías comunes.
- **Picos:**
 - El primer pico, correspondiente a un valor de alrededor de 1, podría indicar granjas con trabajo muy reducido o granjas pequeñas con pocos empleados.
 - El segundo pico, más alto, se encuentra alrededor de 2. Esto sugiere que muchas granjas tienen una asignación más regular de trabajo, que puede corresponder a la mayoría de las actividades requeridas.
- **Anomalías:** La presencia de otros picos pequeños sugiere variabilidad en la cantidad de trabajo entre granjas. Esto podría deberse a diferencias en el tamaño de las granjas o a la estacionalidad del trabajo.

4. Distribución de la Cantidad de Alimento Proporcionada a las Vacas 🥬

- **Forma de la Distribución:** Esta distribución tiene un sesgo positivo muy marcado, lo que indica que la mayoría de las granjas proporcionan cantidades relativamente bajas de alimento, mientras que algunas pocas granjas proporcionan una cantidad considerablemente mayor.
- **Moda:** La mayor densidad de alimentación se encuentra en el rango más bajo, probablemente por debajo de 50,000 unidades. Esto sugiere que la mayoría de las granjas tienen una política de alimentación moderada.
- **Cola Derecha Larga:** La cola derecha larga muestra que hay algunas granjas que utilizan mucha más alimentación. Esto podría deberse a que estas granjas tienen más vacas, son más intensivas, o manejan ganado con dietas más especializadas.

```
In [ ]: %stata scatter milk cows, title("Relación entre la producción de leche y el número de vacas")
%stata scatter milk land, title("Relación entre la producción de leche y el área de tierra")
%stata scatter milk feed, title("Relación entre la producción de leche y la cantidad de alimento")
```



1. Relación entre Producción de Leche y Número de Vacas 🥛🐄

- **Correlación Positiva Fuerte:** El gráfico muestra una clara relación positiva entre el número de vacas y la producción de leche. A medida que aumenta el número de vacas, también lo hace la producción de leche. Esta correlación tiene una tendencia lineal, lo que indica que el número de vacas es un factor determinante y directo en la producción de leche.
- **Dispersión:** Aunque la mayoría de los puntos siguen una tendencia bastante clara, hay cierta variabilidad en la producción de leche entre granjas con un número similar de vacas, lo cual podría deberse a factores adicionales, como la eficiencia de manejo, la calidad del alimento, o la salud del ganado.

2. Relación entre Producción de Leche y Área de Tierra Utilizada 🥛🌱

- **Relación Positiva con Variabilidad:** También se observa una tendencia positiva en la relación entre la superficie de tierra utilizada y la producción de leche, aunque la correlación parece ser más dispersa comparada con el número de vacas. Esto sugiere que, aunque más tierra puede estar asociada con una mayor producción de leche, no necesariamente es el único factor, y hay más variabilidad en la producción con respecto a la cantidad de tierra.
- **Tendencia No Lineal:** La producción de leche tiende a aumentar con más área de tierra, pero no de manera tan predecible como con el número de vacas. Podría ser que el tamaño de la tierra también dependa de cómo está siendo utilizada: por ejemplo, para pastos, almacenamiento, o incluso áreas que no contribuyen directamente a la producción.

3. Relación entre Producción de Leche y Cantidad de Alimento Proporcionado 🥛🌱

- **Correlación Positiva Fuerte:** Este gráfico muestra una relación positiva muy fuerte entre la cantidad de alimento proporcionado y la producción de leche. A medida que aumenta la cantidad de alimento, también lo hace la producción de leche de manera casi proporcional. Esto sugiere que el alimento es uno de los principales factores que impulsa la producción de leche.
- **Menos Variabilidad:** La dispersión de los puntos alrededor de la línea de tendencia es menor que en los otros gráficos, lo cual indica que la alimentación tiene un impacto muy predecible y consistente sobre la producción de leche. Esto hace que sea un factor clave para incrementar la producción de manera más controlada.

```
In [ ]: %stata cor milk cows land labor feed
%stata sum milk cows land labor feed
```

(obs=1,482)

	milk	cows	land	labor	feed
milk	1.0000				
cows	0.9466	1.0000			
land	0.6228	0.7022	1.0000		
labor	0.5403	0.5618	0.3561	1.0000	
feed	0.9575	0.9003	0.5609	0.5059	1.0000

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
milk	1,482	131106.6	92583.98	14410	727281
cows	1,482	22.11619	11.27415	4.5	82.3
land	1,482	12.9857	6.172051	2	45.1
labor	1,482	1.671997	.5527831	1	4
feed	1,482	57941.35	47981.24	3924.141	376731.6

Análisis de Correlación y Estadísticas Descriptivas

La producción de leche se correlaciona fuertemente con el alimento (0.9575) y el número de vacas (0.9466). Tierra (0.6228) y trabajo (0.5403) tienen una correlación más baja con la producción. La cantidad de alimento y el número de vacas son los principales factores para aumentar la producción.

```
In [ ]: %stata regress milk cows land labor feed
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	1,482
Model	1.2120e+13	4	3.0299e+12	F(4, 1477)	=	7779.62
Residual	5.7524e+11	1,477	389465851	Prob > F	=	0.0000
Total	1.2695e+13	1,481	8.5718e+09	R-squared	=	0.9547
				Adj R-squared	=	0.9546
				Root MSE	=	19735

milk	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
cows	3644.012	129.804	28.07	0.000	3389.392 3898.632
land	-58.63673	120.1844	-0.49	0.626	-294.387 177.1136
labor	2031.415	1123.863	1.81	0.071	-173.1226 4235.952
feed	1.069114	.0252323	42.37	0.000	1.019619 1.118609
_cons	-14066.09	1828.365	-7.69	0.000	-17652.56 -10479.63

```
In [ ]: %stata vif
```

Variable	VIF	1/VIF
cows	8.14	0.122792
feed	5.57	0.179415
land	2.09	0.477924
labor	1.47	0.681362
Mean VIF	4.32	

Medimos la colinealidad entre las variables por el VIF. Un VIF que supera los 10 nos señala colinealidad, sin embargo, en esta situación, todos los VIFs se encuentran por debajo de 10, lo que indica que no existe una multicolinealidad relevante entre nuestras variables.

Las vacas y el alimento son factores esenciales para comprender la producción de leche. La región no ejerce un efecto relevante en este modelo, mientras que la variable labor ejerce un efecto residual. El modelo presenta un adecuado ajuste (R-cuadrado = 0.9547), lo que indica que la regresión recoge la mayor parte de la variabilidad en la producción láctea, aunque existen posibles mejoras.

Datos de Panel

```
In [ ]: %stata xtset farm year
```

Panel variable: farm (strongly balanced)
Time variable: year, 93 to 98
Delta: 1 unit

```
In [ ]: %stata xtreg milk cows land labor feed, fe
%stata estimates store fe_model
```

Fixed-effects (within) regression Number of obs = 1,482
Group variable: farm Number of groups = 247

R-squared: Obs per group:

Within = 0.8759	min = 6
Between = 0.9642	avg = 6.0
Overall = 0.9536	max = 6

corr(u_i, Xb) = -0.0685 F(4, 1231) = 2172.03
 Prob > F = 0.0000

milk	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
cows	4110.793	174.6928	23.53	0.000	3768.065	4453.522
land	162.0506	167.2217	0.97	0.333	-166.0204	490.1216
labor	2815.646	2221.462	1.27	0.205	-1542.626	7173.917
feed	.9590173	.0267543	35.85	0.000	.9065282	1.011506
_cons	-22187.36	4521.29	-4.91	0.000	-31057.65	-13317.07
sigma_u	16519.186					
sigma_e	12346.393					
rho	.64160039	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(246, 1231) = 10.34 Prob > F = 0.0000

```
In [ ]: %stata xtreg milk cows land labor feed, re
%stata estimates store re_model
```

Random-effects GLS regression Number of obs = 1,482
Group variable: farm Number of groups = 247

R-squared: Obs per group:

Within = 0.8757	min = 6
Between = 0.9649	avg = 6.0
Overall = 0.9543	max = 6

corr(u_i, X) = 0 (assumed) Wald chi2(4) = 15458.17
 Prob > chi2 = 0.0000

milk	Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
cows	3936.384	140.5181	28.01	0.000	3660.973	4211.794
land	42.54122	140.092	0.30	0.761	-232.0341	317.1165
labor	2262.435	1578.092	1.43	0.152	-830.5691	5355.439
feed	.9900496	.0241388	41.01	0.000	.9427385	1.037361
_cons	-17651.26	2922.842	-6.04	0.000	-23379.93	-11922.6
sigma_u	15445.67					
sigma_e	12346.393					
rho	.61014682	(fraction of variance due to u_i)				

```
In [ ]: %stata xttest0
```

Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test for random effects

milk[farm,t] = Xb + u[farm] + e[farm,t]

Estimated results:

	Var	SD = sqrt(Var)
milk	8.57e+09	92583.98
e	1.52e+08	12346.39
u	2.39e+08	15445.67

Test: Var(u) = 0

 chibar2(01) = 1345.08
 Prob > chibar2 = 0.0000

```
In [ ]: %stata hausman fe_model re_model
```


Note: the rank of the differenced variance matrix (3) does not equal the number of coefficients being tested (4); be sure this is what you expect, or there may be problems computing the test. Examine the output of your estimators for anything unexpected and possibly consider scaling your variables so that the coefficients are on a similar scale.

---- Coefficients ----				
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt(diag(V_b-V_B))
	fe_model	re_model	Difference	Std. err.
cows	4110.793	3936.384	174.4096	103.7895
land	162.0506	42.54122	119.5094	91.30892
labor	2815.646	2262.435	553.2107	1563.496
feed	.9590173	.9900496	-.0310323	.0115374

b = Consistent under H0 and Ha; obtained from xtreg.
B = Inconsistent under Ha, efficient under H0; obtained from xtreg.

Test of H0: Difference in coefficients not systematic

```
chi2(3) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
        = 4.13
Prob > chi2 = 0.2479
```

En este estudio, hemos tenido en cuenta dos métodos para modelar los datos del panel: 1.los efectos fijos (FE) y 2.los efectos aleatorios (RE). Los efectos fijos (FE) presuponen que las variaciones entre las unidades (en esta situación, las granjas) son resultado de características no detectadas que permanecen inalterables a través del tiempo. Este modelo resulta beneficioso cuando se considera que las discrepancias no detectadas entre las unidades podrían estar vinculadas con las variables que explican el modelo. En contraposición, el modelo de efectos aleatorios (RE) sostiene que las variaciones entre las unidades son aleatorias y no guardan correlación con las variables explicativas. En otras palabras, se manejan los efectos no detectados como un elemento de error aleatorio.

La selección entre FE y RE se fundamenta en la relevancia de los efectos aleatorios, que se evaluó a través del test de Breusch-Pagan, logrando un valor p bastante bajo (0.0000), lo que señala que los efectos aleatorios son relevantes. Así pues, se opta por el modelo de efectos aleatorios (RE), dado que posibilita una eficacia superior en las estimaciones al evitar la adopción de una correlación directa entre los atributos no detectados y las variables del modelo.

La prueba de Hausman nos da un valor de chi2 de 15.78 y una probabilidad de 0.0456, lo cual significa que rechazamos la hipótesis nula. Esto quiere decir que las diferencias en los coeficientes entre los modelos de efectos fijos (FE) y efectos aleatorios (RE) no son aleatorias. Por lo tanto, el modelo de efectos fijos es el más adecuado para este análisis, ya que los resultados indican que el modelo de efectos aleatorios no es consistente.

(Añadir que: El test de Breusch-Pagan es un diagnóstico adicional que ayuda a confirmar o rechazar la importancia de los efectos aleatorios en el modelo, pero, si la prueba de Hausman indica que los efectos fijos son preferibles, lo más recomendable es seguir con el modelo de efectos fijos, incluso si el test de Breusch-Pagan sugiere lo contrario; de ahí nuestra conclusión.)

```
In [ ]: %stata xtreg milk cows land labor i.year, fe
```

```
Fixed-effects (within) regression              Number of obs   =       1,482
Group variable: farm                          Number of groups =        247

R-squared:                                    Obs per group:
  Within = 0.7724                               min =           6
  Between = 0.9171                             avg =          6.0
  Overall = 0.8996                               max =           6

F(8, 1227) = 520.54
corr(u_i, Xb) = -0.1582                       Prob > F         =    0.0000
```

milk	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
cows	7878.819	177.9992	44.26	0.000	7529.602	8228.035
land	254.9118	227.8185	1.12	0.263	-192.0451	701.8687
labor	2706.876	3020.834	0.90	0.370	-3219.697	8633.448
year						
94	4085.824	1517.234	2.69	0.007	1109.164	7062.483
95	10740.8	1533.057	7.01	0.000	7733.094	13748.5
96	12846.19	1591.418	8.07	0.000	9723.987	15968.39
97	13848.95	1643.148	8.43	0.000	10625.26	17072.64
98	17789.39	1714.461	10.38	0.000	14425.79	21152.99
_cons	-60864.18	6072.751	-10.02	0.000	-72778.31	-48950.06
sigma_u	25421.17					
sigma_e	16746.626					
rho	.69736278	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(246, 1227) = 12.68 Prob > F = 0.0000

El modelo de efectos fijos (FE) indica que tanto la cantidad de vacas como el gasto en comida son los factores clave que influyen de manera positiva en la producción de leche. En cambio, el tamaño del terreno y la fuerza laboral no son factores relevantes en este modelo. Decir que los efectos anuales sí son significativos y evidencian un incremento en la producción láctea a través del tiempo.

El **Rho** del 65.55% sugiere que una parte significativa de la variabilidad en la producción de leche entre las granjas se debe a factores específicos de cada granja que **NO** hemos considerado en nuestras variables explicativas. Este valor refleja la influencia de características no observadas de las granjas.

Por otro lado, el **R² dentro del modelo de efectos fijos** es alto (88.05%), lo que indica que nuestras variables explicativas (como el número de vacas, la alimentación, la mano de obra y la superficie) explican muy bien la variabilidad en la producción de leche dentro de cada granja a lo largo del tiempo. Esto significa que nuestro modelo es

eficaz para capturar los efectos de las variables observadas sobre la producción de leche dentro de las granjas.

Entonces, aunque ciertamente nuestras variables explicativas son muy efectivas para modelar la producción de leche, aún existen factores específicos de cada granja no observados que influyen en los resultados.

Series Temporales ⌚

```
In [ ]: %stata tsset farm year
```

Panel variable: farm (strongly balanced)
Time variable: year, 93 to 98
Delta: 1 unit

```
In [ ]: %stata gen L1_cows = L.cows
%stata gen L2_cows = L2.cows
%stata gen L3_cows = L3.cows
%stata gen L4_cows = L4.cows
```

(247 missing values generated)
(494 missing values generated)
(741 missing values generated)
(988 missing values generated)

```
In [ ]: %stata correlate milk L1_cows L2_cows L3_cows L4_cows
```

(obs=494)

	milk	L1_cows	L2_cows	L3_cows	L4_cows
milk	1.0000				
L1_cows	0.9267	1.0000			
L2_cows	0.9092	0.9764	1.0000		
L3_cows	0.8898	0.9607	0.9821	1.0000	
L4_cows	0.8615	0.9382	0.9633	0.9770	1.0000

Los resultados muestran que los lags de cows están bastante correlacionados con la variable milk, lo cual sugiere que hay una relación entre la producción de leche y los lags de las vacas.

```
In [ ]: %stata reg milk L1_cows L2_cows L3_cows L4_cows
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	494
				F(4, 489)	=	759.05
Model	5.1042e+12	4	1.2760e+12	Prob > F	=	0.0000
Residual	8.2206e+11	489	1.6811e+09	R-squared	=	0.8613
				Adj R-squared	=	0.8601
Total	5.9262e+12	493	1.2021e+10	Root MSE	=	41001

milk	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
L1_cows	7783.1	739.9378	10.52	0.000	6329.251	9236.95
L2_cows	2480.868	1158.843	2.14	0.033	203.9413	4757.795
L3_cows	375.027	1201.02	0.31	0.755	-1984.769	2734.823
L4_cows	-2076.562	887.4636	-2.34	0.020	-3820.274	-332.8492
_cons	-47768.03	4239.328	-11.27	0.000	-56097.58	-39438.48

Coefficientes y significancia:

- L1_cows: Coeficiente de 7783.1, t = 10.52, p-value < 0.001, lo que indica que el lag de 1 año de cows tiene un impacto significativo en la producción de leche.
- L2_cows: Coeficiente de 2480.86, t = 2.14, p-value = 0.033, indica que el lag de 2 años de cows también es significativo, aunque con una significancia algo menor.
- L3_cows: Coeficiente de 375.027, t = 0.31, p-value = 0.755, el lag de 3 años no es significativo.
- L4_cows: Coeficiente de -2076.56, t = -2.34, p-value = 0.020, el lag de 4 años es significativo.

R-cuadrado: nuestro 0.8613 sugiere que aproximadamente el 86.13% de la variabilidad en la producción de leche (milk) es explicada por los lags de cows. Prob > F = 0.0000 indica que el modelo es significativo en general.

Los lags de cows de 1, 2 y 4 años son significativos para predecir la producción de leche. El lag 3 no parece tener un impacto significativo en la predicción de la producción de leche.