INVESTIGACIÓN SOBRE SE A LÚA AFECTA AO CRECEMENTO DAS PLANTAS: ACTUACIÓNS METODOLÓXICAS E ESTATÍSTICAS

XOSÉ ENRIQUE PUJALES MARTÍNEZ
IES FERNANDO WIRTZ SUÁREZ – A CORUÑA

1. Introdución

Dentro da convocatoria II Concurso da Incubadora de Sondaxes e Experimentos, efectuada por SGAPEIO para o curso 2011–2012, os alumnos de 4º da ESO Susana Paz, Alejandro Juárez, Diego J. Gutiérrez e Alfonso Enriquez realizaron o traballo *¿Afecta a Lúa ao crecemento das plantas?*, que obtivo unha Mención Especial na categoría de 3º e 4º da ESO. O texto completo do traballo pode consultarse en http://centros.edu.xunta.es/iesfernandowirtzsuarez/files/Traballo%20Afecta%20a%20lúa%20ás%20plantas.pdf . O que vén a continuación é un resumo del e unhas reflexións sobre o desenvolvemento do traballo, facendo fincapé en cuestións metodolóxicas e estatísticas.

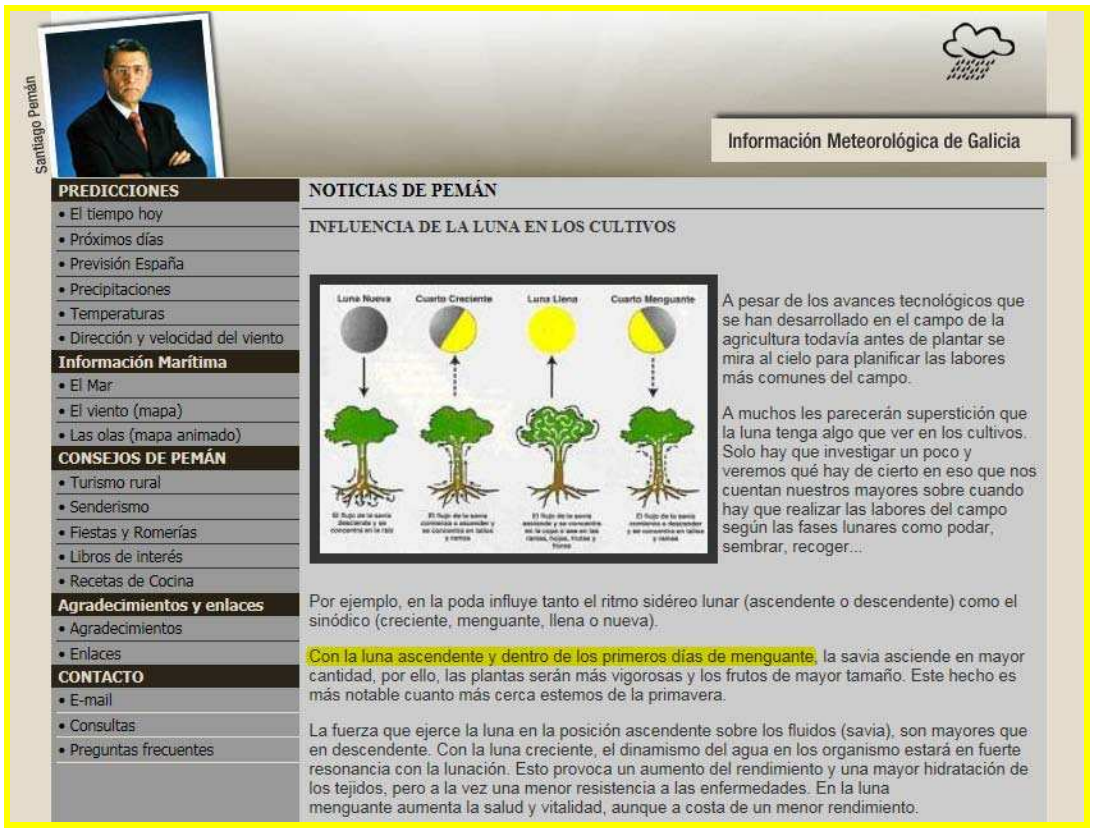
Decidiron investigar estatisticamente, por distintas circunstancias (pertenza dalgúns dos seus avós ao mundo rural, tradición no Instituto de cultivar en macetas algunhas plantas, …), este controvertido tema. Pero antes de poñerse a traballar nel fixeron unha pequena investigación entre os seus familiares e o seu contorno, e atoparon distintas opinións sobre a cuestión, baseadas nunhas crenzas populares de hai moitos anos (que non significa que por ser antigas teñan que ser certas), predominando as ideas favorábeis á influenza da Lúa sobre o crecemento das plantas, e que a fase lunar máis propicia é a de lúa minguante, o "devalo".

Despois documentáronse a través de Internet e comprobaron que non había unanimidade sobre esas dúas cuestións (a influenza e a fase propicia). Sobre a fase lunar propicia reproducimos as seguintes opinións dispares:

- Unha chica preguntaba nun foro. A opinión predominante era a da lúa minguante:

Fig. 1. Un foro en Internet

- O noso Santiago Pemán decantábase, non obstante, pola lúa crecente :



Santiago Pemán

Información Meteorológica de Galicia

PREDICCIONES
- El tiempo hoy
- Próximos días
- Previsión España
- Precipitaciones
- Temperaturas
- Dirección y velocidad del viento

Información Marítima
- El Mar
- El viento (mapa)
- Las olas (mapa animado)

CONSEJOS DE PEMÁN
- Turismo rural
- Senderismo
- Fiestas y Romerías
- Libros de interés
- Recetas de Cocina

Agradecimientos y enlaces
- Agradecimientos
- Enlaces

CONTACTO
- E-mail
- Consultas
- Preguntas frecuentes

NOTICIAS DE PEMÁN

INFLUENCIA DE LA LUNA EN LOS CULTIVOS

A pesar de los avances tecnológicos que se han desarrollado en el campo de la agricultura todavía antes de plantar se mira al cielo para planificar las labores más comunes del campo.

A muchos les parecerán superstición que la luna tenga algo que ver en los cultivos. Solo hay que investigar un poco y veremos qué hay de cierto en eso que nos cuentan nuestros mayores sobre cuando hay que realizar las labores del campo según las fases lunares como podar, sembrar, recoger...

Por ejemplo, en la poda influye tanto el ritmo sidéreo lunar (ascendente o descendente) como el sinódico (creciente, menguante, llena o nueva).

Con la luna ascendente y dentro de los primeros días de menguante, la savia asciende en mayor cantidad, por ello, las plantas serán más vigorosas y los frutos de mayor tamaño. Este hecho es más notable cuanto más cerca estemos de la primavera.

La fuerza que ejerce la luna en la posición ascendente sobre los fluidos (savia), son mayores que en descendente. Con la luna creciente, el dinamismo del agua en los organismo estará en fuerte resonancia con la lunación. Esto provoca un aumento del rendimiento y una mayor hidratación de los tejidos, pero a la vez una menor resistencia a las enfermedades. En la luna menguante aumenta la salud y vitalidad, aunque a costa de un menor rendimiento.

Fig. 2. Páxina de Pemán en Internet

- E noutra páxina falábase que o momento ideal de plantación dependía da planta, pero que a que eliximos (a albahaca) ten o seu momento óptimo arredor da lúa nova:

TU HUERTO URBANO SEGÚN LA LUNA

18/04/2011 - 23:46 por urbanicultor

Desde la antigüedad el hombre ha observado que las fases de la luna producen un efecto en los flujos líquidos en la tierra como es el caso de las mareas en los océanos o los movimientos de la savia en las plantas.
Las fases lunares nos determinan la posición de la luna con respecto al sol y hacen que la luz del sol se refleje con distinta intensidad.
Básicamente según el cultivo biodinámico la influencia de la luna es la siguiente:
Cuatro días antes de la **luna nueva** y tres días después es un periodo en el que el flujo de la savia se concentra en la raíces de la planta preparándose para subir hacía los tallos. Es un buen momento para sembrar las hortalizas de las que consumimos la hoja como lechugas, espinacas, acelgas, escarola, albahaca, perejil, etc. También es el momento ideal para quitar las malas hierbas que puedan haber crecido en nuestra maceta.
Los siete días siguientes la luna se encuentra en **fase creciente** y la savia sube hacia las ramas y las hojas. Es el momento de sembrar las plantas de las que vamos a consumir la flor como las alcachofas, la coliflor, el brócoli, las flores comestibles, el cebollino, etc. También es el momento de usar los fertilizantes foliares como por ejemplo el fertilizante a base de algas marinas.
Los siete días siguientes corresponden a la fase de **luna llena** en la que la savia se encuentra en la parte más alta de la

Fig. 3. Páxina de Internet

Despois disto, a primeira reflexión que tiveron que facer foi sobre a credibilidade das fontes de información. Teñen todas igual? Que criterios podemos seguir?

Pero tamén coñeceron estudos en papel sobre esta cuestión, algúns deles realizados valorosamente por persoas coma eles. Tiveron a sorte de descubrir un traballo realizado por un grupo de alumnos do IES Carlos Casares de Viana do Bolo. O traballo foi desenvolvido na materia de Bioloxía e Xeoloxía, e os instrumentos estatísticos semellaban escasos. ofrecendo os datos do crecemento das quince plantas das fabas sementadas por fase e as súas medias:

PLANTA Nº	LÚA MINGUANTE	LÚA NOVA	LÚA CRECENTE	LÚA CHEA
1	3,56	3,1	8,22	19,5
2	0,8	9,6	7,8	18,2
3	3,08	8,9	11	21,5
4	13,2	8,5	11,5	22
5	9,9	8	14,5	21
6	13,22	3.9	–	6
7	8,9	11,9	–	–
8	7,4	2,5	–	–
9	5,82	4	–	–
10	8,5	2	–	–
11	5,69	3	–	–
12	5,13	2,1	–	–
MEDIA	**7,1 cm**	**5,6 cm**	**10,64 cm**	**18 cm**

Fig. 4. Medicións na experiencia do IES de Viana do Bolo

Tendo estes datos na man, chegaron a unhas conclusións que a eles sorprendéronlles un pouco. Para eles, como os autores recoñecen na primeira conclusión, era evidente que creceran más, con claridade, as sementadas na lúa chea. Pero na segunda conclusión, pola dispersión dos datos [canta?] dicían que non poden afirmar se hai influencia.

ACTIVIDADES PARA TRABALLAR O USO DE PROBAS E A ARGUMENTACIÓN EN CIENCIAS

A6 As conclusións ás que chegaron Adrián, Álvaro, Rubén e Iván foron estas:

1. As plantas de faba que máis crecen, en base aos datos da media aritmética, son as que foron plantadas en lúa chea (incluso facendo a media das 15).
2. Se temos en conta a dispersión dos datos nas plantacións das catro fases da lúa (con valores altos e baixos en todas elas, e sementes que non xerminaron), non podemos concluír, para este caso, que hai influencia da fase da lúa no crecemento das plantas de faba.
3. É necesario profundar neste estudo, con novos experimentos, para poder obter conclusións máis firmes

Fig. 4. Medicións na experiencia do IES de Viana do Bolo

Ante este estudo, a segunda reflexión ten que ver coa metodoloxía e as ferramentas estatísticas utilizadas. Se queremos analizala criticamente (e mesmo reproducila) debemos ter máis datos dos que nos aporta o escrito.

Despois deste proceso de investigación, a curiosidade xa estaba sementada (palabra

apropiada, dado o tema). Valorando positiva pero criticamente esta experiencia, decidiron repetila 1º) con outra planta; 2º) tentando corrixir algúns dos erros que lles parecía ver nela, tendo en conta outros factores que interveñen e que os alumnos de Viana do Bolo, segundo eles, non viran; 3º) usando máis conceptos estatísticos que a media aritmética, concretamente usando as medidas de centralización e de dispersión da estatística descritiva, a aleatorización, a regresión linear, a análise da varianza e o contraste de hipóteses (contando coa miña axuda para desenvolver estes dous últimos contidos e coa de programas informáticos como unha folla de cálculo e o programa Geogebra).

2. Deseño da experiencia

O primeiro que tiveron que decidir foi o lugar e a planta que ían cultivar. Sobre o lugar, decidimos utilizar unha galería con vidreiras nas que lles daría bastante o sol. As plantas irían sobre andeis E sobre a planta, tiñan que pensar nunha planta que nacera rápido, posto que había que desenvolver o proxecto nun tempo limitado (o traballo había que entregalo a finais de maio) e ademais queríamos que todas as plantas tiveran o mesmo tempo na terra. Consultando, decidimos coller a albahaca, una planta que ten un aspecto positivo (pódese dar ben e fácil), pero que resultou ter un aspecto negativo que descoñecíamos no momento da decisión, a súa sensibilidade ao frío. Decidiuse utilizar setenta sementeiros. Plantáronse en cada un deles catro xermes, polo que se dispoñerían en teoría de $4 \times 70 = 280$ plantas.

Fig. 5 e 6. Comezando a experiencia

Pero nesta cuestión tomouse unha decisión que, como veremos resultou un *gran acerto*: *en vez de plantar os xermes de albahaca en catro fases lunares diferentes, plantáronse en cinco períodos.* A razón dese quinto período foi a posibilidade de comparar o primeiro período (no noso caso, cuarto crecente 01) co quinto (cuarto crecente 02), plantado un mes lunar despois. Daquela, ao ter cinco períodos, o número de sementeiros por período foi de catorce ($70 \div 5 = 14$) e, polo tanto, dispóñanse de $4 \times 14 = 56$ plantas por cada un dos cinco períodos.

Desde o punto de vista *metodolóxico*, coidamos certos detalles: se queríamos comparar os diferentes resultados, debían ser coidadosos en que todas as plantas se desenvolvesen nas mesmas condicións. Para iso, utilizaron o mesmo tipo de terra nos sementeiros e a medida que ía avanzando o proceso regaban coa mesma cantidade de auga a cada una das distintas plantas de cada fase. Tamén levaron a cabo un seguimento nun caderno de campo no que apuntaban todas as incidencias, como o día e a hora de observación, as temperaturas máxima e mínima no lugar onde estaban as plantas, se regaban ou non e a qué plantas, se o día anterior houbera

sol ou non e, en caso afirmativo, cántas horas aproximadas, cando xerminaban ou morrían, etc.

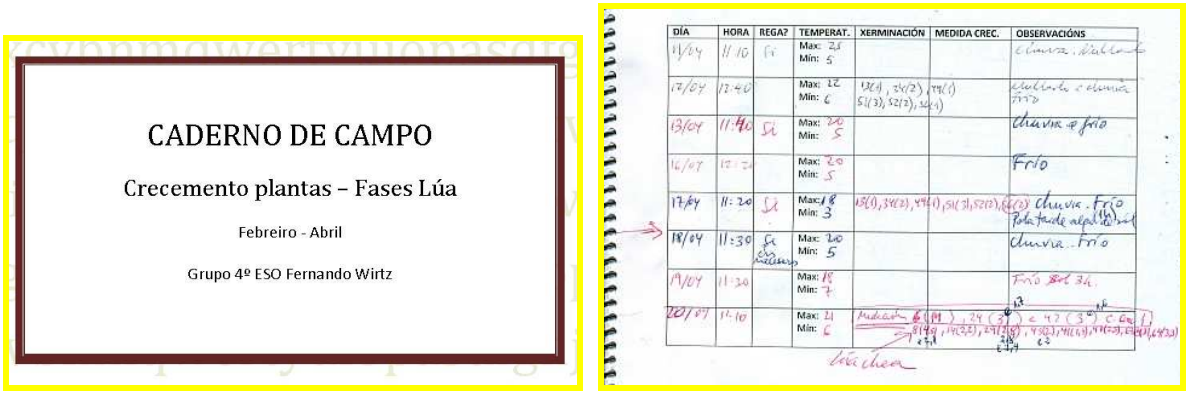


Fig. 7 e 8. Caderno de campo e anotacións

Outra cuestión metodolóxica: na procura de que unha plantas non tiveran vantaxes con respecto a outras, cuestionámonos a colocación das sementes de cada fase. Como os sementeiros e as macetas ían estar nuns andeis próximos a unhas xanelas, podería ser que as próximas as cristais tivesen máis sol, que sufrisen máis a calor ou o frío ou calquera outra condición que lle dese vantaxe ou desvantaxe. Para evitar iso traballamos con *números aleatorios*, que nos axudaron a situar as sementes, e posteriormente as macetas. No caso das plantas das macetas, esta precaución era máis importante tela presente porque ademais dos outros factores, as plantas da primeira liña de cristal podían dar sombra ás outras. Por iso, no caso das macetas usamos a *aleatorización de dous bloques*–columnas (figura 11)

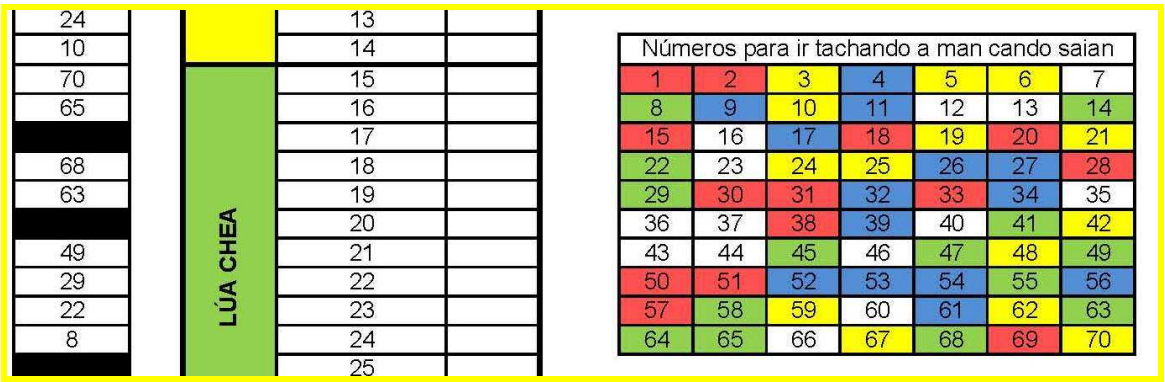


Fig. 9. Fragmento da folla que permitiu colocar aleatoriamente as sementes

Fig. 10. Usando a folla coa localización aleatoria das sementes segundo a fase lunar

COLOCACIÓN DAS MACETAS

Columnas Exteriores

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	19	20	21	22	23	24	25	26	27
4	28	29	30	31	32	33	34	35	

	Cuarto crecente	(sementada o martes 31 de xaneiro)
	Lúa chea	(sementada o martes 7 de febreiro)
	Cuarto minguante	(sementada o martes 14 de febreiro)
	Lúa nova	(sementada o mércores 22 de febreiro)
	Cuarto crecente	(sementada o mércores 29 de febreiro)

Columnas Interiores

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	19	20	21	22	23	24	25	26	27
4	28	29	30	31	32	33	34	35	

Fig. 11. Colocación en dous bloques aleatorizados das macetas nos andeis segundo a fase lunar

Metodoloxicamente, para non crear diferenzas no desenvolvemento posterior, o paso do sementeiro á maceta facíase cando a planta ía collendo forma e alcanzaba una altura aproximada de 1,5 centímetros.

Outra reflexión importante ten que ver coa educación das actitudes: o seguimento da experiencia obrigoulles a desenvolver un traballo constante e, dentro das súas posibilidades, rigoroso. Pero tamén tomaron conciencia das dificultades creadas por estar nun centro escolar. Durante as fins de semana e as vacacións tiveron problemas para anotar as temperaturas, regar, sementar (tivemos que ir nas vacacións) e, importante, saber o momento exacto da xerminación, algo moi difícil de precisar facendo unha observación diaria e sen podela realizar as fins de semana e as vacacións.

3. <u>Os datos obtidos sobre o número de plantas.</u>

Comezaron a sementar o 1 de febreiro de 2012, día no que a lúa empezaba a fase crecente (cuarto crecente 01). O día 7 tocou ás da lúa chea, o 14 ás da lúa minguante, o 22 ás da lúa nova e, como xa dixemos, o 29 á segunda quenda de lúa crecente (cuarto crecente 02). En cada fase plantamos 14 sementeiros con 4 sementes cada un. Cando creceron, as plantas foron trasladadas ás macetas e, ao final do traballo, medidas ao cabo de 72 días de ser sementadas.

O número de plantas dos catro primeiros períodos lunares que foron finalmente medidas e a súa proporción respecto ao número de sementes plantadas aparecen nas seguintes dúas gráficas:

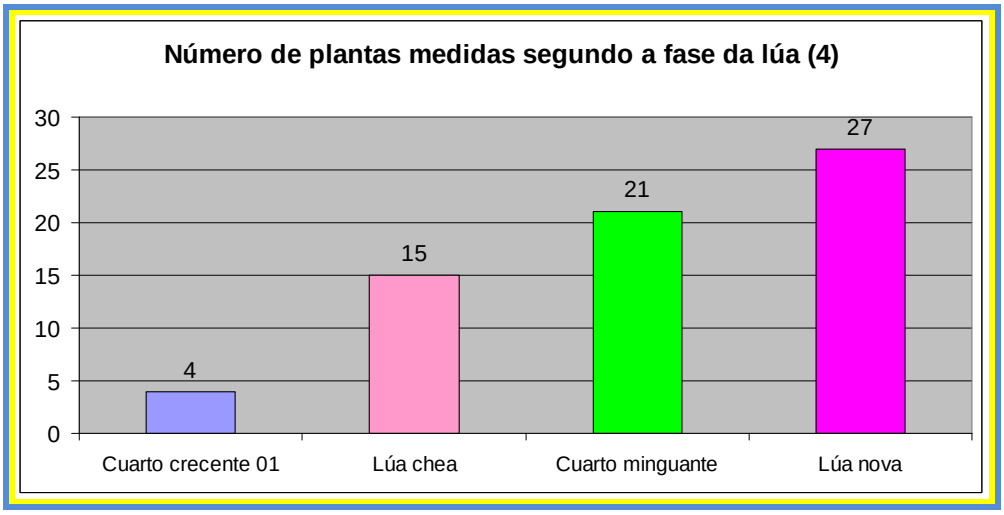


Fig. 12. Plantas medidas das catro primeiras fases

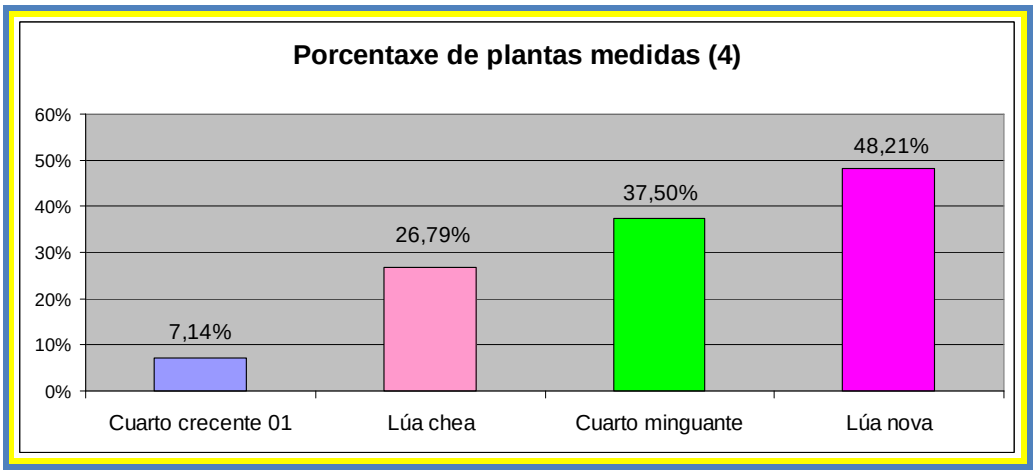


Fig. 13. Porcentaxe de plantas medidas das catro primeiras fases

Á vista destas gráficas poderíanse tirar unhas conclusións inmediatas … pero precipitadas. A conclusión, precipitada, é que a lúa crecente é o peor momento para plantar, mentres que a lúa nova é o mellor. Pero, como dixemos anteriormente, resultou un gran acerto sementar non en catro períodos senón en cinco, porque para esta situación os datos son os seguintes:

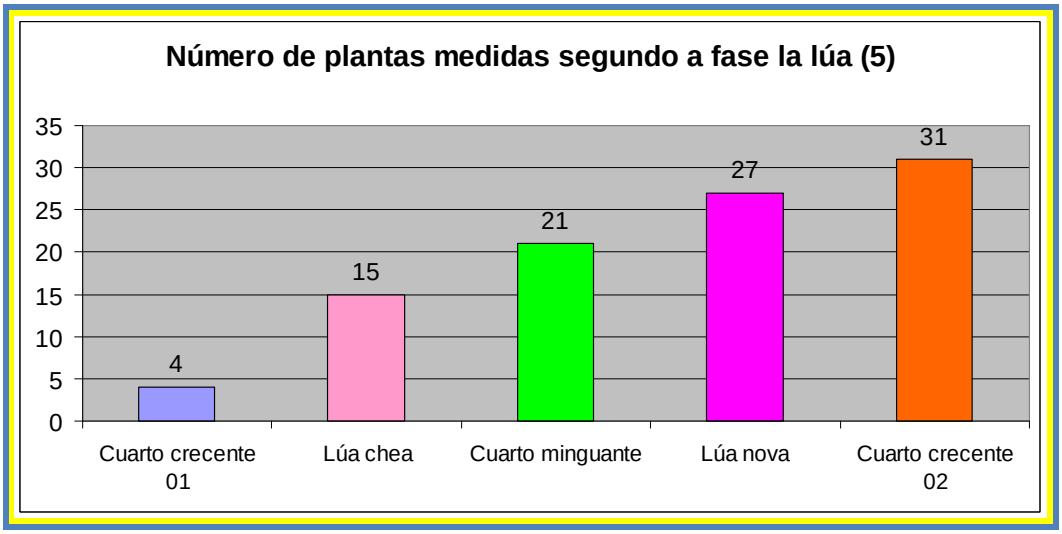


Fig. 14. Plantas medidas das cinco fases

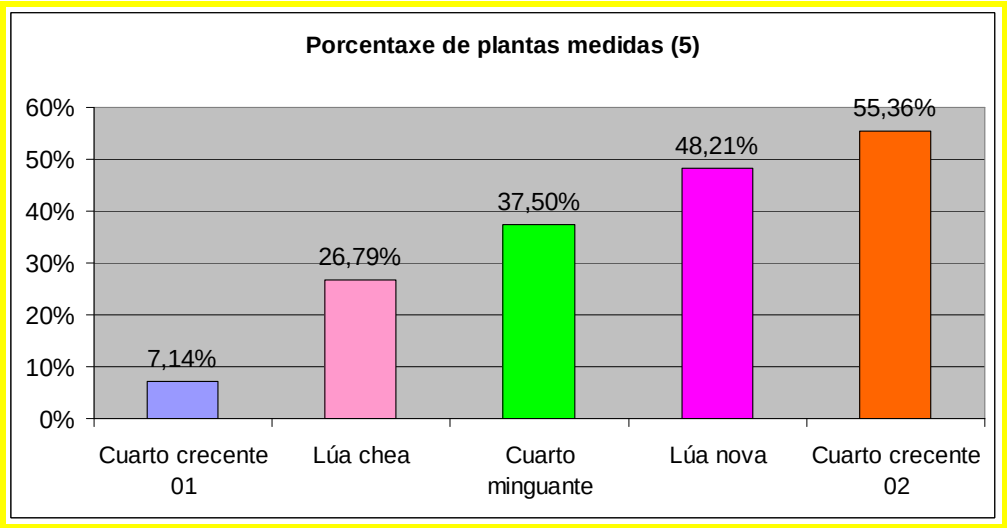


Fig. 15. Porcentaxe de plantas medidas das cinco fases

Tendo presente estes datos, se en vez de comezar a experiencia o 1 de febreiro coa lúa crecente comezásemos o día 7 coa lúa chea e plantáramos nas catro fases, as conclusións serían *completamente diferentes: o peor momento de antes (lúa crecente) pasaría a ser agora o mellor*. Isto nos permite facer *unha nova reflexión*: hai que ser prudentes e analizar con coidado os datos antes de aventurarnos a sacar conclusións.

Pero antes de pasar a adiantar unha posible explicación imos ver outra cuestión: realmente as sementes plantadas o primeiro período de lúa crecente que chegaron a ser medidas foron moi poucas (4). Pero o problema non é que foran pouco fértiles nesa fase (e mesmo na seguinte). O que sucedeu foi que agromaron pero morreron, tal como se ve na seguinte gráfica:

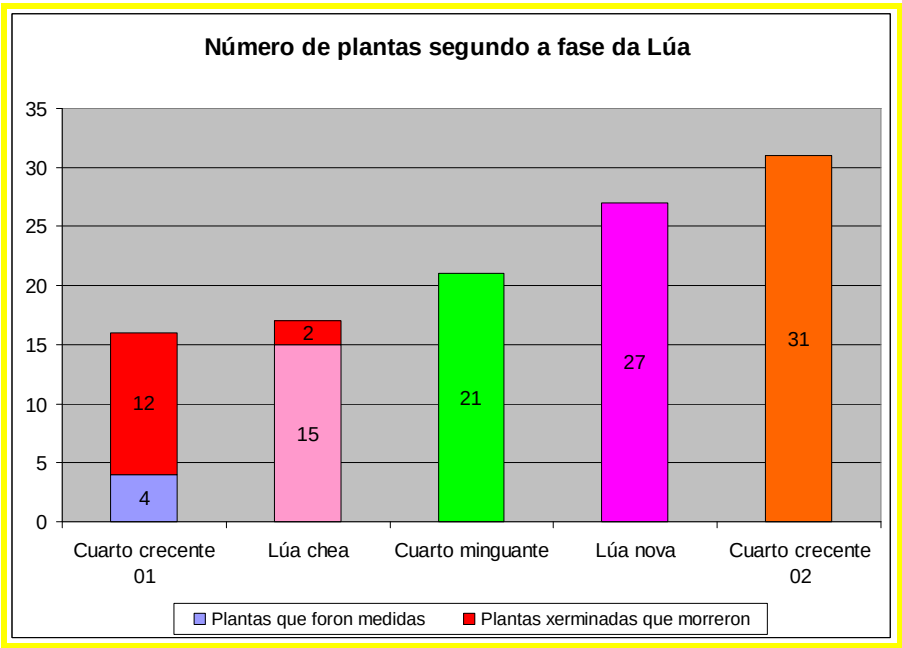


Fig. 16. Número de plantas xerminadas

Despois de estes dous asuntos, en primeiro lugar as grandes diferenzas entre os resultados obtidos nas dúas medicións da lúa crecente e, en segundo, a existencia de plantas mortas nas dúas primeiras plantacións, o noso reto era atopar unha explicación científica a estes feitos. E a solución pareceunos evidente: as baixas temperaturas que se deron na Coruña

(e no lugar do Instituto onde estaban as plantas) en febreiro, principalmente no momento de plantación das dúas primeiras fases e no momento de xerminación. O seguinte é un dos múltiples titulares que aparecía na prensa deses días e que serve para imaxinar as condicións que tiveron que soportar as primeiras plantas:

2 | A FONDO | Viernes, 3 de febrero del 2012 | La Voz de Galicia

La ola de frío siberiano deja a media Galicia bajo cero hasta el domingo

Las temperaturas ya cayeron ayer, pero alcanzarán su valor mínimo la próxima madrugada

Fig. 17. Condicións meteorolóxicas dos primeiros días de febreiro

E a seguinte imaxe permite supoñer as condicións que tiveron que soportar as plantas da primeira fase no momento da xerminación e da segunda na sementeira:

La Voz de Galicia

130 ANIVERSARIO

LUNES 13 DE FEBRERO DEL 2012
D. LEGAL C-1821-96
1,20 EUROS

AÑO CXXX
NÚMERO 43.235
EDICIÓN DE A CORUÑA

Galicia soportó ayer una de las madrugadas más frías del invierno

Varias localidades ourensanas registraron temperaturas inferiores a -10°

EL TIEMPO 8 y 55

La madrugada de ayer fue una de las más frías en las ciudades gallegas, donde no se pasó de los 3 grados

Fig. 18. Condicións meteorolóxicas a mediados de febreiro

O resumo dese mes de frío inusual que viviramos en A Coruña ese mes de febreiro era recollido por Meteogalicia:

A CORUÑA

	FEBREIRO 2012	VALORES CLIMÁTICOS	valor máximo da serie	valor mínimo da serie
Tª media	9.4	10.9	13.4 (1990)	9.3 (1983)
Tª mínima media	5.9	8.0	10.8 (1990)	6.1 (1981)
Tª mínima absoluta	0.3 (día 4)	0.2 (15/2/1983)		
Tª mínima máis alta	10.2 (día 6)	14.6 (27/2/1987)		
Tª máxima media	12.9	13.7	16.7 (1998)	11.8 (1973)
Tª máxima absoluta	17.3 (día 24)	24.6 (27/2/1997)		
Tª máxima máis baixa	8.9 (día 2)	4.6 (13/2/1983)		
Precipitación acumulada	24	71-106	234 (1979)	18 (1993)
Días de chuvia (≥1mm)	5	14	23 (1986)	3 (1993)

Comentario: Mes extremadamente frío tendo en conta as temperatura mínimas, mentres que é moi frío para as medias e frío para as máximas.
A chuvia rexistrada é moi inferior ó rango de valores normais, se ben supera o valor mínimo da serie no período 1971-2000, caracterizándose o mes como moi seco. O número de días de chuvia non chega á metade do valor climático agardado.

Fig. 19. Resumo do mes feito por Meteogalicia

E, sen embargo, as plantacións e xerminacións das sementes posteriores, sobre todo da última lúa crecente (collendo plenamente un marzo con máis calor do habitual) beneficiáronse:

A CORUÑA

	MARZO 2012	VALORES CLIMÁTICOS	valor máximo da serie	valor mínimo da serie
Tª media	13.0	11.7	15.0 (1997)	9.1 (1971)
Tª mínima media	9.0	8.6	10.5 (1997)	6.3 (1971)
Tª mínima absoluta	4.9 (día 6)	0.6 (01/03/1993)		
Tª mínima máis alta	14.5 (día 24)	17.0 (10/03/1981)		
Tª máxima media	17.8	14.9	17.7 (1998)	12.0 (1971)
Tª máxima absoluta	24.8 (día 27)	25.6 (19/03/1990)		
Tª máxima máis baixa	12.7 (día 18)	6.4 (07/03/1971)		
Precipitación acumulada	26	66-85	246 (1999)	0 (1997)
Días de chuvia (≥1mm)	6	12	24 (1979)	0 (1997)

Comentario: Mes moi cálido en canto as temperaturas máximas e medias, mentres que o mes resulta normal téndose en conta a temperatura mínima.
A precipitación rexistrada é moi inferior ó rango de valores normais, polo que o mes considérase moi seco. O número de días de chuvia é a metade do valor climático agardado.

Fig. 20. Resumo do mes de marzo, considerado cálido

Antes de pasar ao apartado da medición das plantas é importante salientar un feito relacionado coa xerminación: xa dixemos antes que non podíamos afirmar con precisión os momentos de xerminación das plantas porque era imposible saber qué pasaba coas plantas as fins de semana. Pero revisando as nosas anotacións no caderno de traballo se apreciaba unha diminución dos períodos de xerminación: se as primeiras sementes da lúa crecente tardaron en xerminar entre 11 e 14 días, as segundas sementes da lúa crecente só tardaron entre 8 e 12 días.

E, por último, *unha nova reflexión: todos os resultados relativos ao número de plantas xerminadas nas distintas fases lunares, coas súas evidentes diferenzas, levou a propoñer posibles explicacións, a formular hipóteses alternativas e a buscar probas que as referendasen, como fixemos coa documentación sobre o clima. Como saír de dúbidas? Que medidas poderíamos tomar para decidir se o diferente comportamento das plantas está causado polas fases lunares ou pola temperatura ou polas dúas? Canta maior temperatura, mellor ou hai límites temporais ao factor temperatura? Este proceso foi e é moi instrutivo para a aprendizaxe científica.*

4. Medición do crecemento das plantas

A convocatoria do Concurso influíu negativamente na elección do momento de sementeira, tendo que facela máis cedo do que nos gustaría, cun comezo máis próximo á primavera. Despois, usamos o máximo de tempo dispoñíbel para que a planta medrase. Ese tempo no que cada planta estivo sementada na terra foi de 72 días. Nese tempo, as plantas creceron os centímetros que indica a seguinte imaxe:

	Datos				
	C. Crec 01	Lúa chea	C. Ming.	Lúa nova	C. Crec. 02
1	14,5	5	5	12,6	24,5
2	3,5	2,6	9,5	6	17,7
3	2,2	2,7	2,8	14,5	14,6
4	3,5	3,3	1,5	3,3	6
5	2,1	3,3	16,9	16,2	17,6
6		2,9	9	17,1	14,1
7		2,5	6,5	2,1	3,4
8		2,5	8,5	17,7	19,1
9		2,4	4,5	11,9	9,9
10		3	5,9	14	25,9
11		4,8	11,5	18,3	5,4
12		3,8	6,8	14,2	19,4
13			2,3	7,5	17,5
14			4,2	4,3	13,5
15			6	18,8	21,3
16			3,8	10,8	15
17			13,3	20	9,5
18				11,5	22,3
19				5,1	16
20				15,3	20
21				8,2	2,5
22				2,5	1
23				2	18,2
24					5,5
25					16
26					15,3
27					26
28					14
29					9,5
30					6
31					3,3
$\overline{X}_i$ Media mostral	5,16	3,23333333	6,94117647	11,0391304	13,8709677
S_i^2 Varianza mostral	27,718	0,77515152	16,9500735	35,2006719	51,2054624
S_i Desv. Típica mostral	5,26478869	0,88042689	4,1170467	5,93301542	7,15579921

Fig. 21. Crecemento de cada planta despois de 72 días

Nesta táboa aparece a cuestión xa mencionada do aumento do número de plantas que sobreviviron a medida que pasa o tempo debido ás melloras climáticas. Pero tamén observamos que o crecemento medio delas tamén vai aumentando coa excepción de que na primeira fase de lúa crecente 01 a media supera á seguinte fase, de lúa chea. Iso é debido a que con tan só cinco plantas, basta con que unha delas mostre un comportamento anómalo para que inflúa excesivamente no resultado.

Ademais, vemos outra vez a importancia que tivo facer non 4 senón 5 períodos de plantación. Se non chegamos a facer isto, cos datos obtidos dos catro períodos últimos, poderíamos concluír que o mellor período para plantar é coa lúa crecente, cando o que estábamos a medir cremos que era a incidencia de outro factor, a temperatura.

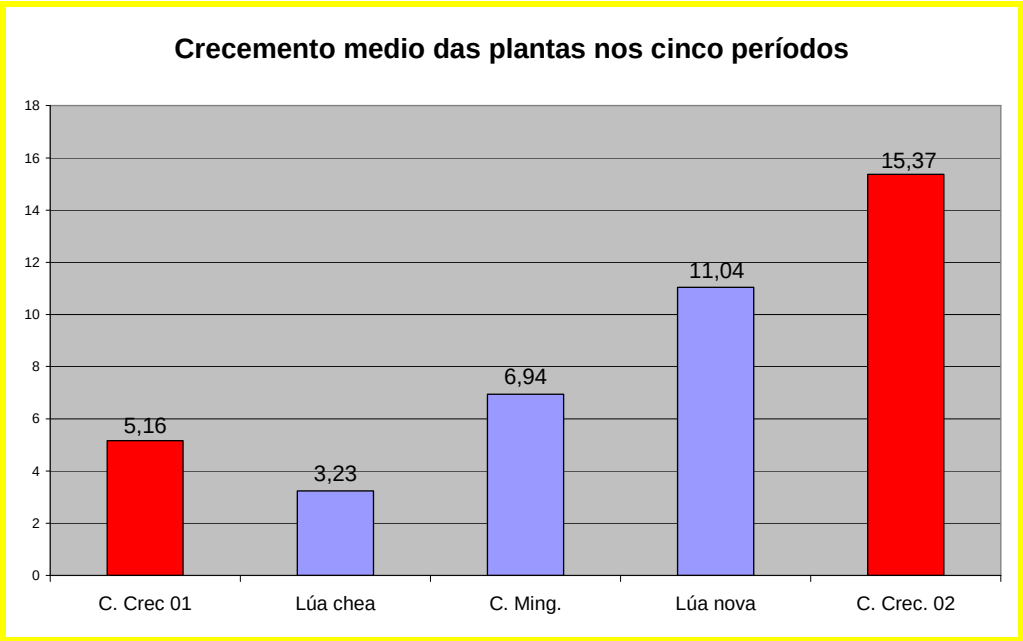


Fig. 22. Crecemento medio das plantas despois de 72 días

Para eles, outra vez estaba influíndo o factor temperatura: negativamente en febreiro, positivamente a medida que aumentaba a temperatura, especialmente en marzo, que foi o mes máis cálido e soleado, e que incidiu sobre todo nas plantas das últimas fases (datos de Meteogalicia).

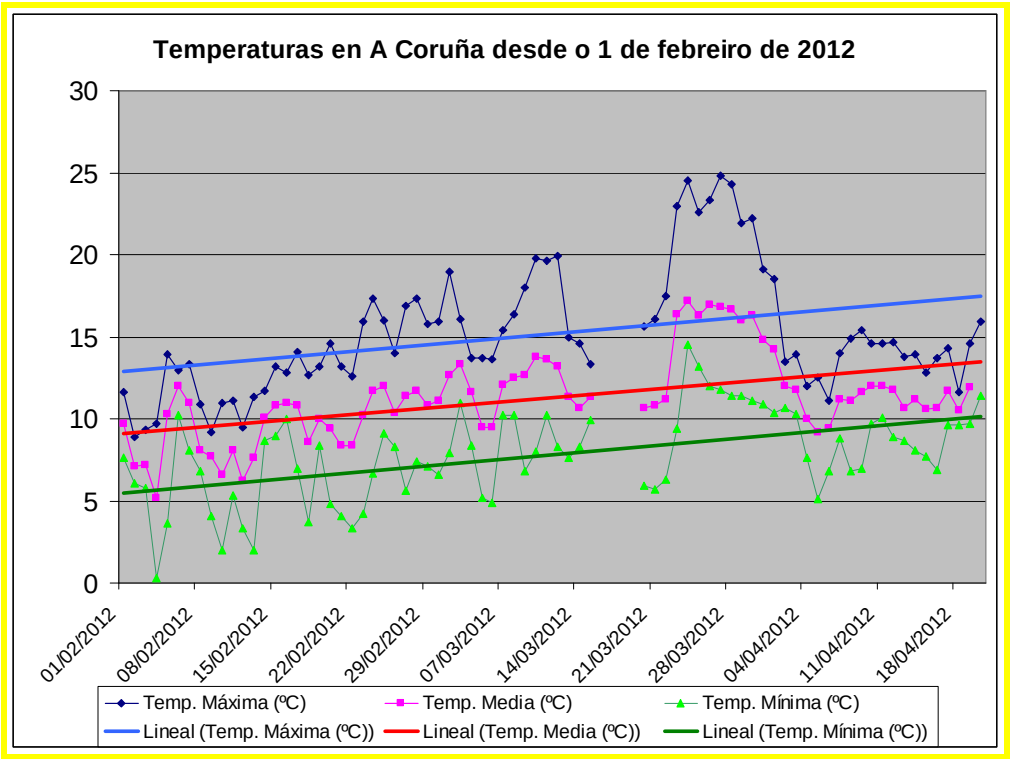


Fig. 23. Temperaturas en A Coruña segundo Meteogalicia

E se a presenza do sol foi importante en xeral, foi fundamental no lugar onde estaban situadas as plantas: cando había sol, os cristais actuaban como se estivesen nun invernadoiro. As temperaturas que se daban neste lugar eran moi superiores ás que se daban noutras partes do centro escolar e de A Coruña:

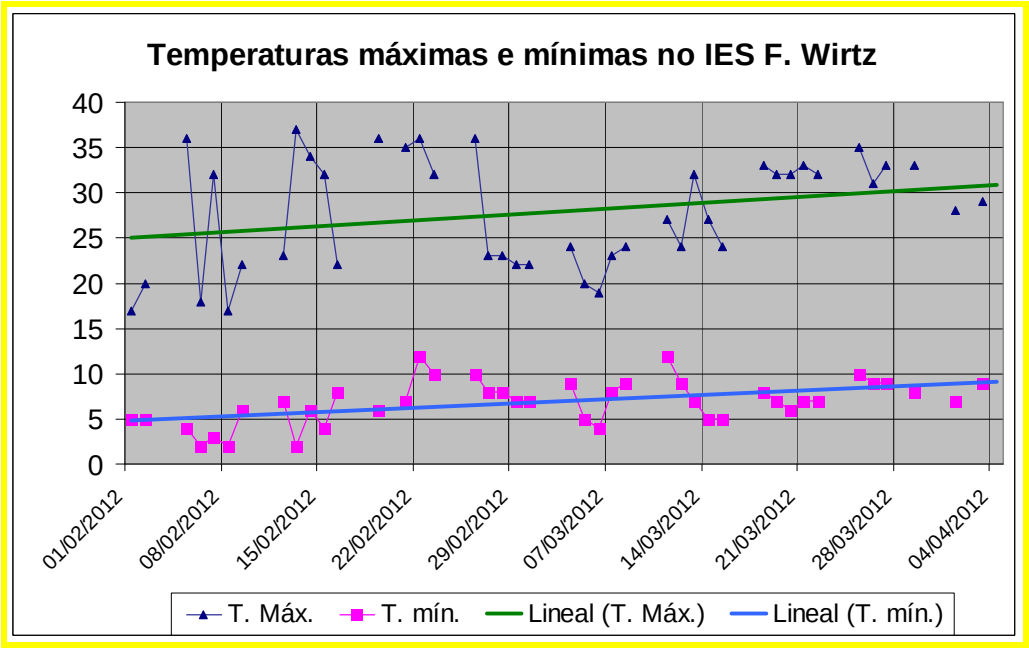


Fig. 24. Temperaturas no lugar onde estaban as plantas

Se comparamos as temperaturas máximas en A Coruña coas do lugar onde estaban as plantas, observamos que mentres en A Coruña non se superou os 25ºC, no Instituto os días de sol superábanse os 35ºC. E as temperaturas mínimas, debido á cristaleira, era máis intenso. Pero a pesar destas diferenzas, a tendencia xeral foi a de aumentar a temperatura desde febreiro, incidindo na xerminación e crecemento das plantas que foron plantadas máis tarde.

En resumo, cos datos obtidos neste estudo os alumnos concluíron que o número de plantas xerminadas e o seu crecemento foi diferente nas distintas fases lunares, pero non se animaron a afirmar que a causa destes diferentes resultados fose a influenza lunar, máis ben todo o contrario, debido a que o comportamento das plantas sementadas nos dous períodos elixidos correspondentes a unha mesma fase lunar (cuarto crecente) foron completamente diferentes. Pareceulles evidente que a temperatura influíra grandemente nos resultados. Mais non se atreveron a afirmar que o factor temperatura era o único que interviña nos resultados obtidos. Para confirmar que é a temperatura e non a lúa a causa da diferente xerminación e crecemento das plantas (como afirman certas crenzas populares, que aseguran que é mellor plantar nunha determinada fase lunar) habería que repetir o experimento tentando controlar un dos factores, por exemplo, a temperatura do lugar, facéndoo estábel durante todo o proceso ou estudando os efectos dos dous factores.

5. Afondando nas conclusións

As medias obtidas nas cinco fases, que aparecen na figura 21, foron bastante diferentes (non tanto nas dúas últimas).

Pero fagamos a seguinte reflexión: que pasaría se non fosen tan diferentes?, que concluiríamos se as medias achadas fosen como as das dúas últimas fases, de valores 11 e 13,8?, cales son os límites a partir dos cales consideraríamos que as diferenzas entre as medias son o suficientemente significativas como para decidir que as medias son distintas? Como saber cando os resultados son estatisticamente significativos como para tomar unha decisión?

Propoñer estas cuestións levounos a buscar un método que superaba os límites da

estatística descritiva utilizada ata ese momento. Precisábamos unha maior fundamentación estatística, necesitábamos utilizar unha ferramenta estatística máis potente, o *contraste de hipóteses* –que superaba o nivel dos coñecementos dos alumnos– para o cal contaron coa miña axuda para guialos e para axudalos a confeccionar unha folla de cálculo que lles permitiu realizar mecanicamente as operacións e obter as conclusións. O método empregado foi o da *análise da varianza* (ANOVA, por ser as iniciais en inglés de *Analysis of Variance*).

Para a súa aplicación necesitabamos coller o mesmo número de plantas de cada fase. Como as de cuarto crecente 01 eran poucas (5), decidimos prescindir delas e collemos catro mostras $(m = 4)$, correspondentes ás plantas medidas despois de sementalas nas fases de lúa chea, cuarto minguante, lúa nova e cuarto crecente 02. Collemos cada mostra do mesmo tamaño, $n = 12$, por ser o mínimo número de plantas que tiñamos nunha das fases. Como nas outras fases tiñamos máis de doce, escollemos esa mostra de doce exemplares dun xeito *aleatorio*, para non influír conscientemente no resultado (outra vez tivemos que facer uso dos números aleatorios).

	Cuarto Ming.	Lúa nova	Cuarto crec 02
1	15	21	9
2	3	22	1
3	9	13	26
4	10	9	25
5	15	19	9
6	17	7	19
7	2	1	18
8	16	9	1
9	15	12	4
10	6	23	27
11	7	15	10
12	5	9	21
13	16	19	14
14	11	21	15
15	10	23	14
16	9	5	7
17	7	9	15
18	16	3	22
19	6	6	3
20	1	6	12
21	9	21	4
22	15	2	5

Fig. 25. Fragmento da folla cos números aleatorios para elixir as plantas das distintas fases

Despois disto, as medidas das nosas 12 plantas por cada unha das catro últimas fases e as súas medias e varianzas foron as que aparecen na seguinte imaxe:

	Datos				
	C. Crec 01	Lúa chea	C. Ming.	Lúa nova	C. Crec. 02
1		5	6	8,2	3,3
2		2,6	2,8	2,5	21,3
3		2,7	4,5	2,3	20
4		3,3	5,9	11,9	9,5
5		3,3	13,3	5,1	16
6		2,9	9,5	2,1	22,3
7		2,5	3,8	12,6	15
8		2,5	9	14,2	17,6
9		2,4	6,5	2	14,1
10		3	16,9	18,8	6
11		4,8	11,5	16,2	5,4
12		3,8	5	14,5	5,5
$\overline{X}_i$ Media mostral		3,2333	7,8917	9,2000	13,0000
S_i^2 Varianza mostral		0,7752	18,1136	38,6964	46,2818
S_i Desviación típica mostral		0,8804	4,2560	6,2206	6,8031

Fig. 26. Tamaños das mostras e medidas de centralización e dispersión

Con estes datos, para tomar unha decisión formulamos dúas hipóteses:

Hipótese nula $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$, é dicir, os tamaños medios de cada unha das poboacións de plantas sementadas nas catro fases lunares son iguais.

Hipótese alternativa H_1: non todos os tamaños medios de cada unha das poboacións de plantas sementadas nas catro fases lunares son iguais.

Como vemos na imaxe anterior, coa axuda da folla de cálculo achamos:

As medias das catro mostras $\overline{X}_1 = 3{,}2333$, $\overline{X}_2 = 7{,}8917$, $\overline{X}_3 = 9{,}2$ e $\overline{X}_4 = 13$ e as súas varianzas mostrais $S_1^2 = 0{,}7752$, $S_2^2 = 18{,}1136$, $S_3^2 = 38{,}6962$ e $S_4^2 = 46{,}2818$.

Obtidos estes valores, calculamos:

A media das medias mostrais $\overline{\overline{X}} = \dfrac{\overline{X}_1 + \overline{X}_2 + \overline{X}_3 + \overline{X}_4}{4} = 8{,}33125$

Un primeiro estimador da varianza poboacional σ^2 : $\dfrac{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + S_4^2}{4} = \dfrac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} S_i^2 = 25{,}9667$, que non depende de se a hipótese nula é falsa ou é certa.

Un segundo estimador da varianza poboacional σ^2 : $12 \cdot \overline{S}^2 = 12 \cdot \dfrac{\left(\overline{X}_1 - \overline{\overline{X}}\right)^2 + \left(\overline{X}_2 - \overline{\overline{X}}\right)^2 + \left(\overline{X}_3 - \overline{\overline{X}}\right)^2 + \left(\overline{X}_4 - \overline{\overline{X}}\right)^2}{4-1} = 194{,}9358$ que estima a varianza poboacional σ^2 só cando a hipótese nula H_0 é certa.

Despois disto collemos como estimador do contraste de hipóteses o seguinte:

$$Y = \frac{2^{\text{o}} \text{ estimador da varianza poboacional}}{1^{\text{o}} \text{ estimador da varianza poboacional}} = \frac{12 \cdot \overline{S}^2}{\frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} S_i^2} = 7{,}5071$$

Segundo lles indiquei, cando H_0 é certa, o estimador do contraste de hipóteses Y segue unha distribución F con $m-1=3$ graos de liberdade no numerador e $m \cdot (n-1) = 4 \cdot 11 = 44$ no denominador, que escribiremos $F_{3;44;0{,}05}$ sendo $\alpha = 0{,}05 = 5\%$ o nivel de significación que utilizamos.

A regra de decisión que seguimos foi a seguinte:

Rexeitamos H_0 se $Y \geq F_{3;44;0{,}05}$

Non rexeitamos H_0 noutro caso

Tanto coa nosa folla de cálculo como usando o programa *Geogebra* obtivemos o valor de $F_{3;44;0{,}05}$, resultando que $F_{3;44;0{,}05} = 2{,}8165$

		Datos				
		C. Crec 01	Lúa chea	C. Ming.	Lúa nova	C. Crec. 02
	1		5	6	8,2	3,3
	2		2,6	2,8	2,5	21,3
	3		2,7	4,5	2,3	20
	4		3,3	5,9	11,9	9,5
	5		3,3	13,3	5,1	16
	6		2,9	9,5	2,1	22,3
	7		2,5	3,8	12,6	15
	8		2,5	9	14,2	17,6
	9		2,4	6,5	2	14,1
	10		3	16,9	18,8	6
	11		4,8	11,5	16,2	5,4
	12		3,8	5	14,5	5,5
Media mostral $\overline{X}_i$	$\overline{X}_i$ Media mostral		3,2333	7,8917	9,2000	13,0000
Varianza mostral S_i^2	S_i^2 Varianza mostral		0,7752	18,1136	38,6964	46,2818
Desv. Típica mostral S_i	S_i Desviación típica mostral		0,8804	4,2560	6,2206	6,8031
Promedio das 4 Medias mostrais $\overline{\overline{X}}$		8,33125				
1º estimador da varianza poboacional $\sum_{i=1}^{4}\frac{S_i^2}{4}$		25,9667235				
2º estimador da varianza poboacional $12 \cdot \overline{S}^2$		194,935764				
Estimador do contraste Y=2º estimador/1º estimador $Y = \frac{12 \cdot \overline{S}^2}{\sum_{i=1}^{4}\frac{S_i^2}{4}}$		7,50713751				
Valor de F(3; 44; 0,05)		2,81646583				
Se Y>=Valor de F(3;44;0,05) rexeitamos H0		Rexeitamos Hipótese nula				

Fig. 27. Fragmento da folla de cálculo que mecanizaba todos os cálculos

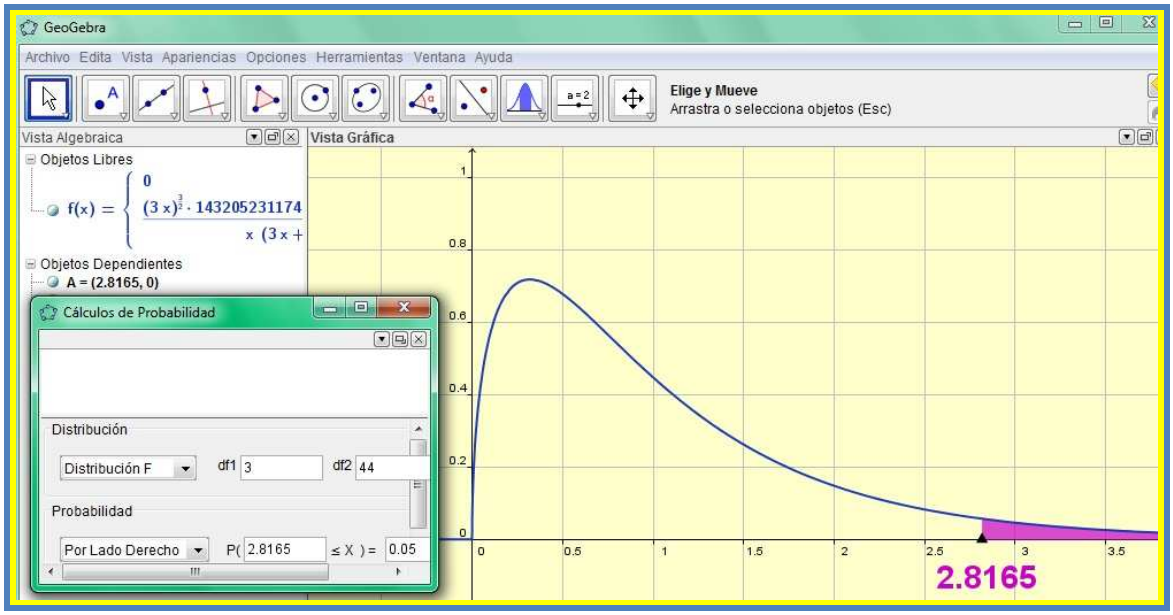


Fig. 28. Con Geogebra tamén podemos facer os cálculos do valor de *F*

E como $Y = 7{,}5071 \geq F_{3;44;0{,}05} = 2{,}8165$ concluímos que non era certa a hipótese nula H_0, que afirmaba que, cun nivel de significación do 5%, o crecemento das nosas plantas nas distintas fases lunares tiñan a mesma media. É dicir, *as nosas plantas non creceron igual nas catro últimas fases lunares.* Dita conclusión semellaba evidente, pero deste xeito aprendemos un método máis rigoroso, que é útil para resolver todas as situacións, tanto aquelas nas que as medias mostrais son moi diferentes como nas que os seus valores non se distinguen tanto.

Mais o que non nos di esta teoría é se a causa dese diferente crecemento son as distintas fases lunares ou, como eles sospeitaron, a diferente temperatura. Pero a presenza deste factor non estaba previsto no deseño do experimento, e para decidir se o diferente comportamento das plantas era debido ás fases lunares ou á temperatura, deberíamos deseñar a experiencia estudando os efectos dos dous factores (análise da varianza bifactorial)

Para rematar gustaríame insistir nalgunhas cuestións, algunhas xa mencionadas ao final do apartado anterior, e outras novas, que permitisen o desexábel afondamento no tema, solucionando algúns interrogantes: ¿os resultados dependen da temperatura, independentemente de que sexa inverno ou primavera, por exemplo, ou inflúe algo máis que a temperatura?; ¿é posíbel deseñar unha experiencia na que illemos, para que non inflúa, o factor temperatura e que os resultados sexan exclusivamente debidos ao factor fase lunar?; ¿poderían utilizar algunha outra ferramenta estatística que lles permitise separar uns factores de outros? … En resumo, aínda queda moito por investigar sobre esta cuestión, e ademais as limitacións que tiveron (o prazo de entrega deste traballo impedía comezar a sementeira, como nos gustaría, nas datas próximas á primavera; non tiñan acceso ao lugar da plantación nas fins de semana e nas vacacións, feito importante para controlar, principalmente, os momentos de xerminación, ...) impediron o afondamento que desexábamos. Pero, a parte das conclusións, o importante foi que eles se enfrontaron a unha cuestión que lles preocupaba, documentáronse e analizaron criticamente experimentos anteriores, deseñouse a experiencia, tiveron que desenvolver un traballo constante e rigoroso, analizaron os resultados obtidos, formularon hipóteses, utilizaron ferramentas estatísticas para estudar unha cuestión da natureza dándolle unha dimensión multidisciplinaria, analizaron criticamente unha crenza popular,… que fai que a experiencia sexa valorada por eles e por min como moi positiva.

Fig. 29. A nosa plantación