



Asignatura: **Modelización y análisis de datos
en diseño y desarrollo de producto**

Material para evaluación. Curso 2020-21

Profesor: **Dr. Miquel Salicrú**

Master Universitari en Agrobiologia Ambiental

Mejora de la resistencia a la temperatura y al estrés hídrico en variedades de tomate raf: una aproximación

1.-Breve explicación. La mejora genética de plantas tiene como objetivo la obtención de variedades de plantas de cultivo que garanticen la calidad del producto con alta efectividad económica o proporcionen un valor diferencial en el mercado. Para unas condiciones ambientales y de producción requeridas, la efectividad económica se ha relacionado con el desarrollo de caracteres y cualidades internas tales como: número o peso de semillas y frutos; tallos productivos; estabilidad en el rendimiento; resistencia a plagas y factores abióticos del medio; calidad de las cosechas; aptitud para el cultivo y la cosecha mecanizada;.... De forma conjunta y coordinada con otras ramas de la producción vegetal se desarrollan las condiciones óptimas para el logro de las potencialidades productivas hereditarias.

El calentamiento global es un fenómeno complejo y sus impactos a gran escala son difíciles de predecir con certeza. Las altas temperaturas pueden afectar adversamente la fotosíntesis, la respiración, las relaciones hídricas y la estabilidad de las membranas, la regulación hormonal y el metabolismo secundario de las plantas. La fotosíntesis neta, se incrementa progresivamente con el aumento del CO₂, en particular, en especies C₃, pero a altas temperaturas, se reduce por efecto del aumento en la fotorrespiración y de la pérdida de eficiencia enzimática. Por otra parte, la exposición al ozono (O₃) disminuye la difusión estomática, la tasa fotosintética, afecta a la partición de asimilados y, en general, reduce el crecimiento de las plantas.

2.-Objetivos y plan de trabajo. En un contexto de cambio climático, estamos interesados en **obtener variedades de tomate raf** con alto valor comercial, más resistentes a la temperatura y al estrés hídrico asociado. Para conseguir este objetivo, se ha previsto: a) la **selección inicial de variedades** establecidas que resulten de interés; b) la **obtención en el laboratorio de nuevas cepas** mutantes resistentes; c) el **contraste** de eficiencias en condiciones controladas de **laboratorio o invernadero**; d) la **validación efectiva en estudio de campo**; y e) la obtención de las **condiciones que optimizan las respuestas** (producción, peso medio del fruto, diámetro transversal del fruto, dureza, acidez total titulable (ATT), sólidos solubles totales del fruto (SST), madurez, color, ...). Desde la perspectiva técnica, el cribado masivo, la identificación y la priorización de asociaciones genéticas en plantas y el conocimiento experto (procesos biológicos) han orientado la línea de investigación. En concreto, se ha contrastado el comportamiento diferencial de los genes **en dos variedades (variedad a mejorar y variedad que presenta la propiedad deseada)** o en relación a una planta patrón, se ha proyectado la lista de genes diferencialmente expresados en una base de datos funcional (Go profiles, por ejemplo), se han determinado las categorías enriquecidas y se han identificado las que se pueden relacionar con las características de interés y, finalmente, se han seleccionado los genes de interés potencial (siguiendo el camino inverso: de las categorías los genes). Por otra parte, el diseño de experimentos ha permitido asegurar la fiabilidad en la medida, identificar y

seleccionar los factores que afectan en mayor medida a la variable respuesta, contrastar y validar el producto y predecir resultados.

3.-Tratamiento cuantitativo

3.1. Estudio inicial de la calidad. Basándonos en la información que ha proporcionado el cribado masivo, la proyección en la base de datos funcional, la vigilancia del entorno, los resultados descritos en la literatura, el conocimiento experto y la experiencia previa, se han desarrollado 9 nuevas subvariedades de la variedad "raf". Cinco subvariedades se han mostrado inicialmente viables en tamaño, forma y color (SCR1, SCR2, SCR3, SCR4 y SCR5) y las otras cuatro han sido rechazadas. Para contrastar la calidad de las subvariedades en condiciones controladas de pseudo-laboratorio, el trabajo de experimental se ha realizado como sigue: a) en condiciones homogéneas (aporte hídrico, temperatura, coeficiente de evaporación, sustrato base, fertilizante foliar y nutrientes complementarios) se han cultivado 10 plantas de cada una de las subvariedades obtenidas por modificación genética (P1, P2, ..., P10); y b) de cada planta se ha evaluado la acidez total titulable (ATT) obtenida en cuatro tomates. Los resultados obtenidos se muestran en el archivo ATTlaboratori.sf3. Se pide: analizar los resultados, sabiendo que el objetivo de acidez ATT es 3.4 (referencia organoléptica que más valora el cliente).

Esquema orientativo para la resolución: a. Escribir el objetivo, el modelo, la parametrización, los test de hipótesis y las estimaciones de interés. ¿Los factores son cruzados o jerarquizados?; b. Resolver el diseño en base a la tabla ANOVA (resolver los tests de hipótesis, estimar las componentes de la varianza (si procede) y realizar las comparaciones dos a dos). Establecer conclusiones iniciales.Cuál o cuáles son las mejores subvariedades?; y c. Comprobar las condiciones de validez del modelo.

$\gamma_k \delta_l$

$\alpha \delta_{il}$

$\beta \delta_{jl}$

$\gamma \delta_{kl}$

e_{ijkl}

3.2. Estudio preliminar de la efectividad económica con una única finca. Las condiciones controladas en pseudo-laboratorio permiten contrastar las características de calidad, pero los valores de producción pueden alejarse de la realidad efectiva en este entorno. Para contrastar la efectividad económica de las subvariedades (SCR1, SCR2, SCR3, SCR4 y SCR5) y evaluar el efecto de los dos fertilizantes más usados (F1 y F2), el estudio preliminar se ha realizado en una única finca irregular con dos gradientes (este-oeste: ligera inclinación; norte-sur: humedad) y se ha planteado un diseño en parcela dividida. Los resultados obtenidos en producción se muestran en la tabla que se adjunta y en el fichero SCRpreliminar.sf3. Se pide: analizar los resultados (objetivo: maximizar la producción) y contraponer la eficiencia de las siguientes alternativas en

un ANEXO: a) considerar un cuadrado latino 5x5 para las subvariedades y dividir cada subparcela en dos, una para cada fertilizante (planteamiento propuesto); b) considerar un cuadrado latino 2x2 para los fertilizantes y dividir cada subparcela en cinco, una para cada subvariedad; y c) analizar el cuadrado latino dividido como un cuadrado latino en el que los resultados con los fertilizantes se consideren como réplicas.

Comentado [JPF1]:

		Gradiente inclinación									
		1		2		3		4		5	
Humedad	1	Var A		Var B		Var C		Var D		Var E	
		F1(42.3)	F2(42.9)	F1(43.0)	F2(42.4)	F1(46.0)	F2(45.0)	F1(44.8)	F2(44.9)	F1(45.1)	F2(42.1)
	2	Var C		Var D		Var E		Var A		Var B	
		F1(48.4)	F2(44.8)	F1(46.0)	F2(47.0)	F1(45.1)	F2(43.5)	F1(42.5)	F2(41.0)	F1(44.0)	F2(44.7)
	3	Var E		Var A		Var B		Var C		Var D	
		F1(45.4)	F2(44.4)	F1(44.1)	F2(43.1)	F1(43.6)	F2(45.5)	F1(49.5)	F2(48.5)	F1(45.5)	F2(48.2)
4	4	Var B		Var C		Var D		Var E		Var A	
		F1(46.5)	F2(45.7)	F1(49.9)	F2(46.4)	F1(49.4)	F2(49.2)	F1(47.0)	F2(44.0)	F1(45.7)	F2(43.6)
5	5	Var D		Var E		Var A		Var B		Var C	
		F1(50.5)	F2(50.3)	F1(47.1)	F2(46.3)	F1(47.4)	F2(44.7)	F1(47.8)	F2(47.9)	F1(50.3)	F2(47.0)

Esquema orientativo: a. Escribir el objetivo, el modelo, la parametrización, los test de hipótesis y las estimaciones de interés; b. Resolver el diseño en base a la tabla ANOVA (resolver los tests de hipótesis, estimar las componentes de la varianza (si procede) y realizar las comparaciones dos a dos). Establecer conclusiones iniciales. Cuál o cuáles son las mejores combinaciones subvariedad/fertilizante?; y c. Comprobar las condiciones de validez del modelo

3.3. Estudio de efectividad económica en estudio de campo: alternativa 1. Para contrastar la efectividad económica de las dos subvariedades que han proporcionado mejores resultados en el estudio preliminar (RAF324, RAF421) en relación a la variedad estándar sin modificar (C: control), se ha planteado un diseño en bloque aleatorizado. En concreto, se han utilizado **5 fincas** representativas del universo de aplicación, en cada finca se han considerado **tres parcelas**, en cada parcela se han cultivado aleatoriamente las variedades y para cada variedad se ha utilizado el fertilizante que más se adecua a sus necesidades (RAF324-F1, RAF421-F2, C-F1). Los resultados obtenidos en producción se muestran en la tabla que se adjunta. **Se pide:** analizar los resultados (objetivo: maximizar la producción) y discutir en un ANEXO el número de fincas necesario.

FINCA 1	C-F1 48	RAF324-F1 40	RAF421-F2 35
---------	------------	-----------------	-----------------

FINCA 2	RAF421-F2 41	C-F1 45	RAF324-F1 45
---------	-----------------	------------	-----------------

FINCA 3	RAF324-F1 43	RAF421-F2 34	C-F1 41
---------	-----------------	-----------------	------------

FINCA 4	C-F1	RAF324-F1	RAF421-F2
---------	------	-----------	-----------

	43	44	40
FINCA 5	RAF421-F2 38	C-F1 49	RAF324-F1 48

3.4. Estudio de efectividad económica en estudio de campo: alternativa 2. Para contrastar la efectividad económica de las dos subvariedades que han proporcionado mejores resultados en el estudio preliminar (RAF324, RAF421) en relación a la variedad estándar sin modificar (C: control) y evaluar el efecto de los dos fertilizantes más usados (F1 y F2), el estudio de campo se ha planteado un diseño en parcela dividida. En concreto, se han utilizado 5 fincas representativas del universo de aplicación, en cada finca se han considerado tres parcelas, de cada parcela se han obtenido dos subparcelas y en cada una de ellas se ha cultivado una combinación variedad/fertilizante. Los resultados obtenidos en producción se muestran en la tabla que se adjunta. **Se pide:** analizar los resultados (objetivo: maximizar la producción) y discutir en un ANEXO el número de fincas necesario.

FINCA 1	RAF324		CONTOL		RAF421	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
	44,3	41,8	43,6	38,4	42,4	39,2
FINCA 2	RAF324		CONTOL		RAF421	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
	38,4	35,2	35,0	33,1	35,8	32,6
FINCA 3	RAF324		CONTOL		RAF421	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
	47,5	45,0	44,0	42,3	44,9	44,3
FINCA 4	RAF324		CONTOL		RAF421	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
	54,8	53,4	48,8	47,6	50,6	47,5
FINCA 5	RAF324		CONTOL		RAF421	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
	53,4	50,1	50,7	51,3	49,0	46,6

3.5. Fiabilidad en la medida de ATT. Para algunas medidas se dispone de instrumentos muy fiables que requieren mínima intervención humana (báscula para el peso,...). Otras medidas son mucho más delicadas (ATT, SST, MD, ...) y, de acuerdo con las normas internacionales, es preceptivo asegurar su fiabilidad. Focalizando la atención en la medida de la acidez total titulable calculada como porcentaje de ácido cítrico (ATT), el trabajo experimental se ha realizado como sigue: a) se han formado 5 grupos de tomates de características específicas en madurez y color (GM1, ..., GM5); b) para cada grupo de tomates se han preparado treinta muestras homogéneas; c) se han escogido aleatoriamente tres analistas de laboratorio (AL1, AL2 y AL3); y d) cada uno de los analistas ha determinado el valor de ATT en diez muestras de cada grupo de tomates. Los resultados obtenidos se muestran en el archivo **fiabilidadATT.sf3**. **Se pide:** Estimar la

variabilidad de la medida y determinar si la variabilidad de la medida es compatible con $\sigma_{\text{MAX}} = 1$.

Esquema orientativo: a. Escribir el objetivo, el modelo, la parametrización, los test de hipótesis y las estimaciones de interés; b. Resolver el diseño en base a la tabla ANOVA (estimar las componentes de la varianza y la variabilidad atribuible a la medida); c. contraponer la variabilidad de la medida con variabilidad admisible ($\sigma_{\text{MAX}} = 1$); y d. Comprobar las condiciones de validez del modelo

Problema con respuesta de conteaje

Se quiere contrastar la eficiencia de tres variedades (V1, V2, V3) en relación al número de semillas que germinan. Se han utilizado 4 invernaderos y en cada uno de ellos se han plantado 100 semillas de cada variedad. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla que se adjunta. **Se pide:** analizar y discutir los resultados (objetivo: maximizar el porcentaje de semillas que germinan)

INVERNADERO 1	V1	V2	V3
	70	72	83

INVERNADERO 2	V1	V2	V3
	67	65	76

INVERNADERO 3	V1	V2	V3
	69	72	79

INVERNADERO 4	V1	V2	V3
	73	78	84

Esquema orientativo: a. Escribir el objetivo, el modelo, la parametrización, los test de hipótesis y las estimaciones de interés; b. Transformar los datos y resolver el diseño en base a la tabla ANOVA (determinar si hay diferencias significativas entre las medias de germinación de las tres variedades); y c. Comprobar las condiciones de validez del modelo