

SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES

Enrique Canessa

1^{er} Semestre 2022

Elementos de Análisis de Varianza (ANOVA)

- Ideas centrales del ANOVA:
 - Modelo es una combinación lineal de las fuentes de variación presentes en los resultados de un experimento
 - La variación puede atribuirse a:
 - Los diferentes niveles de los factores del experimento
 - Un error aleatorio no controlable
 - $Y = f(A, B, C, \dots, AB, AC, \dots, ABC, \dots) + \varepsilon$

Elementos de Análisis de Varianza (ANOVA)

- Supuestos centrales del ANOVA:
 - Modelo es lineal, incluyendo el error
 - Para los test de hipótesis y significación:
 - Data pertenece a una distribución normal
 - Las muestras son iid (independientes, distribuidas idénticamente)
 - El error (ϵ) tiene media cero y sigue una distribución normal
 - La varianza del error es homocedástica (constante, no dependiendo de los niveles de los factores)

Elementos de Análisis de Varianza (ANOVA)

- Para plantear las ecuaciones de ANOVA, se reparametrizan las expresiones que hemos usado para calcular los efectos en función de las respuestas:
 - Esto NO implica un cambio sustancial a las técnicas vistas anteriormente
 - Permite aplicar ensayos de hipótesis y significación para establecer la significación estadística de los efectos
 - Significación estadística NO implica significación “práctica”

Elementos de Análisis de Varianza (ANOVA)

Partiendo de las expresiones para el cálculo de los efectos en un diseño 2^2

$$1 = \frac{1}{4} (y_{11} + y_{21} + y_{12} + y_{22})$$

$$A = \frac{1}{2} ((y_{21} + y_{22}) - (y_{11} + y_{12}))$$

$$B = \frac{1}{2} ((y_{12} + y_{22}) - (y_{11} + y_{21}))$$

$$AB = \frac{1}{2} ((y_{22} + y_{11}) - (y_{21} + y_{12}))$$

Se despejan los y 's en función de los efectos A, B, C y AB. Para ello se calculan:

$$1 - \frac{1}{2} A - \frac{1}{2} B + \frac{1}{2} AB$$

$$1 + \frac{1}{2} A - \frac{1}{2} B - \frac{1}{2} AB$$

$$1 - \frac{1}{2} A + \frac{1}{2} B - \frac{1}{2} AB$$

$$1 + \frac{1}{2} A + \frac{1}{2} B + \frac{1}{2} AB$$

Elementos de Análisis de Varianza (ANOVA)

Desarrollando cada expresión llegamos a:

$$Y_{11} = 1 - \frac{1}{2} A - \frac{1}{2} B + \frac{1}{2} AB$$

$$Y_{21} = 1 + \frac{1}{2} A - \frac{1}{2} B - \frac{1}{2} AB$$

$$Y_{12} = 1 - \frac{1}{2} A + \frac{1}{2} B - \frac{1}{2} AB$$

$$Y_{22} = 1 + \frac{1}{2} A + \frac{1}{2} B + \frac{1}{2} AB$$

Elementos de Análisis de Varianza (ANOVA)

Lo que puede escribirse:

$$y_{11} = \mu + \alpha_1 + \beta_1 + \alpha\beta_{11}$$

$$y_{12} = \mu + \alpha_1 + \beta_2 + \alpha\beta_{12}$$

$$y_{21} = \mu + \alpha_2 + \beta_1 + \alpha\beta_{21}$$

$$y_{22} = \mu + \alpha_2 + \beta_2 + \alpha\beta_{22}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_{11} = 1 - \frac{1}{2} A - \frac{1}{2} B + \frac{1}{2} AB \\ Y_{12} = 1 - \frac{1}{2} A + \frac{1}{2} B - \frac{1}{2} AB \\ Y_{21} = 1 + \frac{1}{2} A - \frac{1}{2} B - \frac{1}{2} AB \\ Y_{22} = 1 + \frac{1}{2} A + \frac{1}{2} B + \frac{1}{2} AB \end{array} \right.$$

Al definir los siguientes términos:

$$\mu = 1$$

$$\alpha_1 = -\frac{1}{2} A, \quad \alpha_2 = \frac{1}{2} A$$

$$\beta_1 = -\frac{1}{2} B, \quad \beta_2 = \frac{1}{2} B$$

$$\alpha\beta_{11} = \frac{1}{2} AB, \quad \alpha\beta_{12} = -\frac{1}{2} AB, \quad \alpha\beta_{21} = -\frac{1}{2} AB, \quad \alpha\beta_{22} = \frac{1}{2} AB$$

Elementos de Análisis de Varianza (ANOVA)

En general, para el diseño 2^2 :

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ij}, \quad i = 1, 2, \quad j = 1, 2$$

con las condiciones adicionales:

$$\begin{aligned} \alpha_1 + \alpha_2 &= 0 & \beta_1 + \beta_2 &= 0, \\ \alpha\beta_{11} + \alpha\beta_{12} &= 0, & \alpha\beta_{21} + \alpha\beta_{22} &= 0, & \alpha\beta_{11} + \alpha\beta_{21} &= 0, & \alpha\beta_{12} + \alpha\beta_{22} &= 0 \end{aligned}$$

Elementos de Análisis de Varianza (ANOVA)

Otros modelos lineales que se pueden desarrollar de igual forma:

$$y_i = \mu + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, I$$

$$y_{ir} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ir}, \quad i = 1, 2, \dots, I; \quad r = 1, 2, \dots, R$$

$$y_{ijr} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ijr}, \quad i = 1, 2, \dots, I; \quad j = 1, 2, \dots, J; \quad r = 1, 2, \dots, R$$

$$y_{ijr} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijr}, \quad i = 1, 2, \dots, I; \quad j = 1, 2, \dots, J; \quad r = 1, 2, \dots, R$$

$$y_{ijk r} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon_{ijk r}$$

$$i = 1, 2, \dots, I; \quad j = 1, 2, \dots, J; \quad k = 1, \dots, K; \quad r = 1, 2, \dots, R.$$

ANOVA de un factor

Modelo: $y_{ir} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ir}$, $i = 1, 2, \dots, I$; $r = 1, 2, \dots, R$

y_{ir} Respuesta individual correspondiente a la r-ésima réplica del nivel i-ésimo del factor, $i = 1, 2, \dots, I$; $r = 1, 2, \dots, R$.		
Suma	Promedio	Recorrido de la suma o promedio
$A_i = \sum_r y_{ir}$	A_i / R	Todas las réplicas del i-ésimo nivel del factor A.
$T = \sum_i \sum_r y_{ir}$	T / IR	Todas las réplicas de todos los niveles del factor A.

ANOVA de un factor

Variación Total:

$$SCT = \sum_i \sum_r \left(y_{ir} - \frac{T}{IR} \right)^2$$

Variación Residual (de ε):

$$SCR = \sum_i \sum_r \left(y_{ir} - \frac{A_i}{R} \right)^2$$

Variación atribuible al factor A:

$$SCA = R \sum_i \left(\frac{A_i}{R} - \frac{T}{IR} \right)^2$$

$$SCTotal = SCA + SCR_{residual}$$

ANOVA de un factor

Fuente de Variación	Grados de Libertad (g.l.)
Factor A	I-1
Residuo	I(R-1)
Total	IR-1

$$\text{g.l.Total} = \text{g.l. A} + \text{g.l. Residual}$$

ANOVA de un factor

Cuadrados Medios y cuociente F:

$$CMA = SCA / (I - 1)$$

$$CMR = SCR / I(R - 1)$$

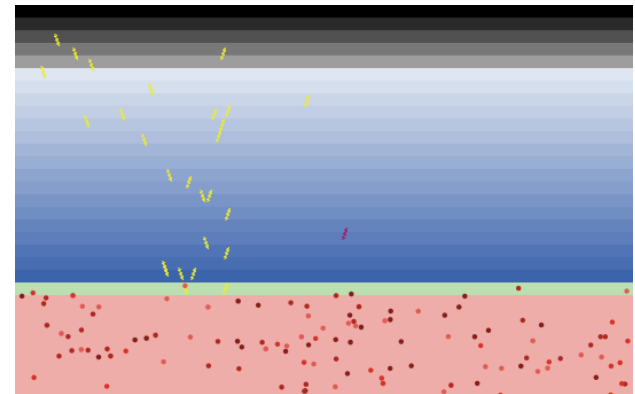
$$F = CMA / CMR$$

Fuente De Variación	Suma De Cuadrados	Grados De Libertad	Cuadrados Medios	Cuociente F
Factor A	SCA	I - 1	$CMA = SCA / (I - 1)$	CMA / CMR
Residuo	SCR	I (R - 1)	$CMR = SCR / I(R - 1)$	-
Total	SCT	IR - 1	-	-

ANOVA de un factor

Cambio climático (*Climate Change*)

- Abra el modelo que está en la carpeta de *Sample Models/Earth Science/Climate Change*.
- Estudie la información del modelo
- Se desea ver el efecto del albedo sobre la temperatura cuando está en estado estacionario (*steady-state*)
- Para eso, se deja todo constante con valores por defecto y se establece el albedo en 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8
- Se efectúan cinco réplicas por cada tratamiento



ANOVA de un factor

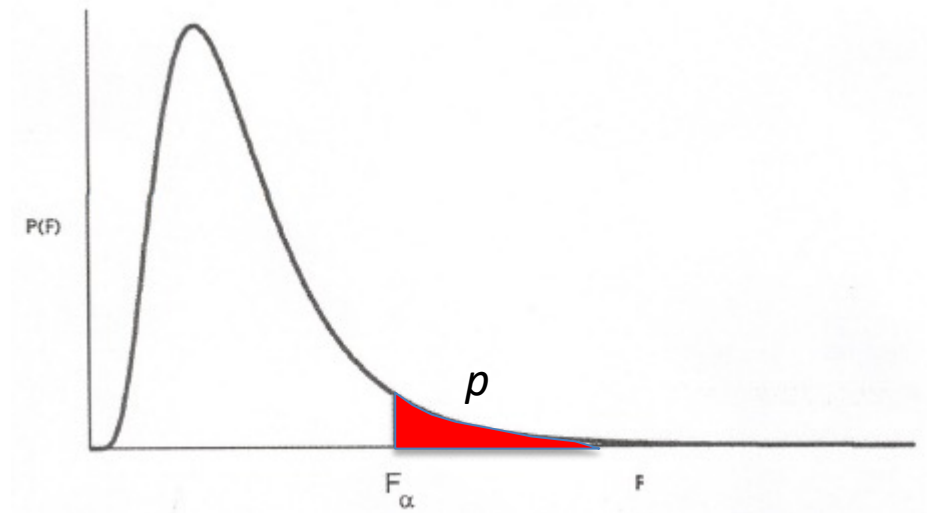
		Réplica					Suma	Promedio
Factor Albedo		r = 1	r = 2	r = 3	r = 4	r = 5	A _i	A _i / R
		Temperatura						
1	A = 0.2	2.8	2.5	3.6	4.4	2.7	16.0	3.2
2	A = 0.4	3.2	3.5	5.7	4.3	4.8	21.5	4.3
3	A = 0.6	2.5	2.6	1.8	3.1	3.0	13.0	2.6
4	A = 0.8	2.7	2.3	3.8	3.7	3.0	15.5	3.1
Total global						T = 66.0		
Promedio Global						T/IR = 3.3		

ANOVA de un factor

Fuente De Variación	Suma De Cuadrados	Grados De Libertad	Cuadrados Medios	Cuociente F
Factor A	7.7	3	2.567	4.43
Residuo	9.26	16	0.580	-
Total	16.98	19	-	-

$F(3,16) = 3.24$ (valor crítico de F para un $\alpha = 0.05$)

ANOVA de un factor



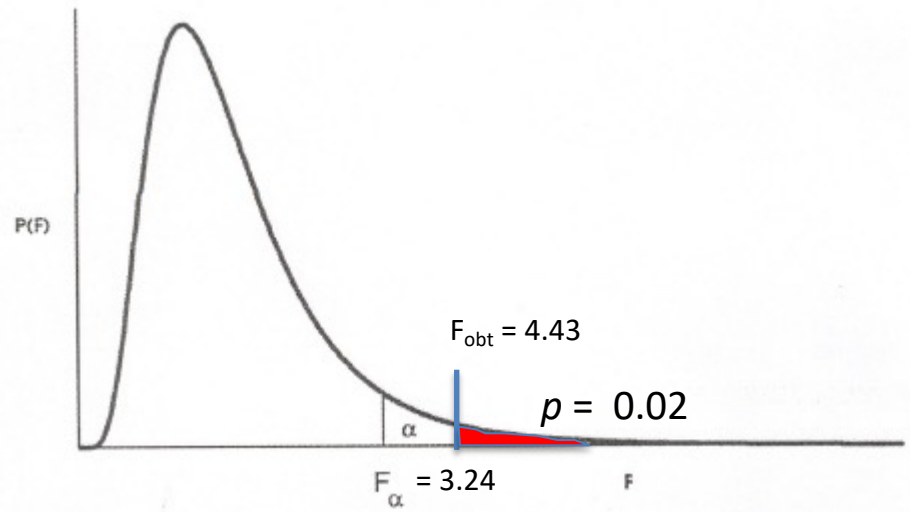
F_{α} = valor crítico de F para tener una probabilidad de cometer error Tipo I igual a α

Error Tipo I : Declarar que una variable es distinta de cero, dado que NO lo es
(declarar que un efecto existe, dado que no existe)

Lo típico es usar $\alpha = 0.05$

Valor observado de significancia (p) = cuál es la probabilidad de cometer error Tipo I

ANOVA de un factor



$$F_{0.05}(3,16) = 3.24$$

$$F_{\text{obtenido}} = 4.43$$

$$F_{\text{obtenido}} > F_{0.05}$$

Conclusión: efecto A es estadísticamente significativo

O alternatively

$p = 0.02 < 0.05$ (donde podemos obtener p desde Excel: `DISTR.F.CD(4.43,3,16)`)

Tabla F
para $\alpha = 0.05$

		Grados libertad del numerador																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞	
Grados de libertad del denominador	1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	###	
	2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
	3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53	
	4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	
	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36	
	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	
	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23	
	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	
	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71	
	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54	
	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40	
	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30	
	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21	
	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13	
	15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07	
	16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01	
	17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96	
	18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92	
	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88	
	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84	
	21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81	
	22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78	
	23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76	
	24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	
	25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	
	26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69	
	27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67	
	28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65	
	29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64	
	30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	
	40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	
	60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	
	120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	
	∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	

ANOVA de dos factores

Modelo:

$$y_{ijr} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijr}, \quad i = 1, 2, \dots, I; \quad j = 1, 2, \dots, J; \quad r = 1, 2, \dots, R$$

y_{ijr}	Respuesta individual correspondiente a la r-ésima réplica del nivel i-ésimo del factor A y del nivel j-ésimo del factor B	
Suma	Promedio	Recorrido de la Suma o Promedio
$A_i = \sum_j \sum_r y_{ijr}$	A_i / JR	Todas las réplicas de todos los niveles del factor B, del i-ésimo nivel del factor A.
$B_j = \sum_i \sum_r y_{ijr}$	B_j / IR	Todas las réplicas de todos los niveles del factor A, del j-ésimo nivel del factor B.
$AB_{ij} = \sum_r y_{ijr}$	AB_{ij} / R	Todas las réplicas del i-ésimo nivel del factor A, del j-ésimo nivel del factor B.
$T = \sum_j \sum_i \sum_r y_{ijr}$	T / IJR	Todas las réplicas de todos los niveles de los dos factores.

ANOVA de dos factores

Variación Total:

$$SCT = \sum \sum \sum \left(y_{ijr} - \frac{T}{IJR} \right)^2$$

Variación atribuible a la interacción AB:

$$SCAB = R \sum_i \sum_j \left(\frac{AB_{ij}}{R} - \frac{A_i}{JR} - \frac{B_j}{IR} + \frac{T}{IJR} \right)^2$$

Variación atribuible a factores A y B:

$$SCA = JR \sum_i \left(\frac{A_i}{JR} - \frac{T}{IJR} \right)^2$$

Variación Residual (de ϵ):

$$SCR = \sum_i \sum_j \sum_r \left(y_{ijr} - \frac{AB_{ij}}{R} \right)^2$$

$$SCB = IR \sum_j \left(\frac{B_j}{IR} - \frac{T}{IJR} \right)^2$$

$$SCT = SCA + SCB + SCAB + SCR$$

ANOVA de dos factores

Fuente De Variación	Grados De Libertad (g.l.)
Factor A	$I - 1$
Factor B	$J - 1$
Interacción AB	$(I - 1)(J - 1) = IJ - I - J + 1.$
Residuo	$IJ(R - 1) = IJR - IJ$
Total	$IJR - 1$

$$\text{g.l. Total} = \text{g.l. A} + \text{g.l. B} + \text{g.l. AB} + \text{g.l. Residuo}$$

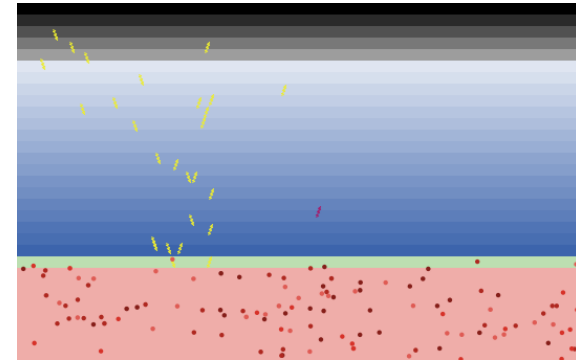
ANOVA de dos factores

Fuente De Variación	Suma De Cuadrados	Grados De Libertad	Cuadrados Medios	Cuociente F
Factor A	SCA	I - 1	$CMA = SCA / (I - 1)$	CMA / CMR
Factor B	SCB	J - 1	$CMB = SCB / (J - 1)$	CMB / CMR
Interacción AB	SCAB	$(I - 1)(J - 1)$	$CMAB = SCAB / ((I - 1)(J - 1))$	$CMAB / CMR$
Residuo	SCR	$IJ(R - 1)$	$CMR = SCR / (IJ(R - 1))$	-
Total	SCT	$IJR - 1$	-	-

ANOVA de dos factores

Cambio climático (*Climate Change*)

- Abra el modelo que está en la carpeta de *Earth Science*.
- Estudie la información del modelo
- Se desea ver el efecto del albedo y de cuánta energía solar entra a la Tierra (*sun-brightness*) sobre la temperatura cuando está en estado estacionario (*steady-state*)
- Para eso, se deja todo constante con valores por defecto y se establece el *sun-brightness* en 1, 2 y 3; y el albedo en 0.6 y 0.8
- Se efectúan cuatro réplicas por cada tratamiento



ANOVA de dos factores

FACTOR A	FACTOR B		SUMAS			PROMEDIOS		
	j = 1	j = 2						
	OBSERVACIONES		AB _{i1}	AB _{i2}	A _i	AB _{i1} / R	AB _{i2} / R	A _i / JR
i = 1	33	38						
	32	31						
	29	29						
	27	34	121	132	253	30.25	33.00	31.62
i = 2	26	29						
	24	27						
	25	30						
	29	29	104	115	219	26.00	28.75	27.38
i = 3	29	34						
	36	34						
	30	39						
	27	29	122	136	258	30.50	34.00	32.25
B _j	347	383	Valores Globales: T = 730 T / IJR = 30.42					
B _j / IR	28.92	31.92						

ANOVA de dos factores

Fuente De Variación	Suma De Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Cuociente F
Factor A	112.6	2	56.3	5.57 *
Factor B	54.0	1	54.0	5.35 *
Interacción AB	0.8	2	0.4	0.04
Residuo	182.5	18	10.1	-
Total	349.8	23	-	-

$$F(2, 18) = 3.55$$

$$F(1, 18) = 4.41$$

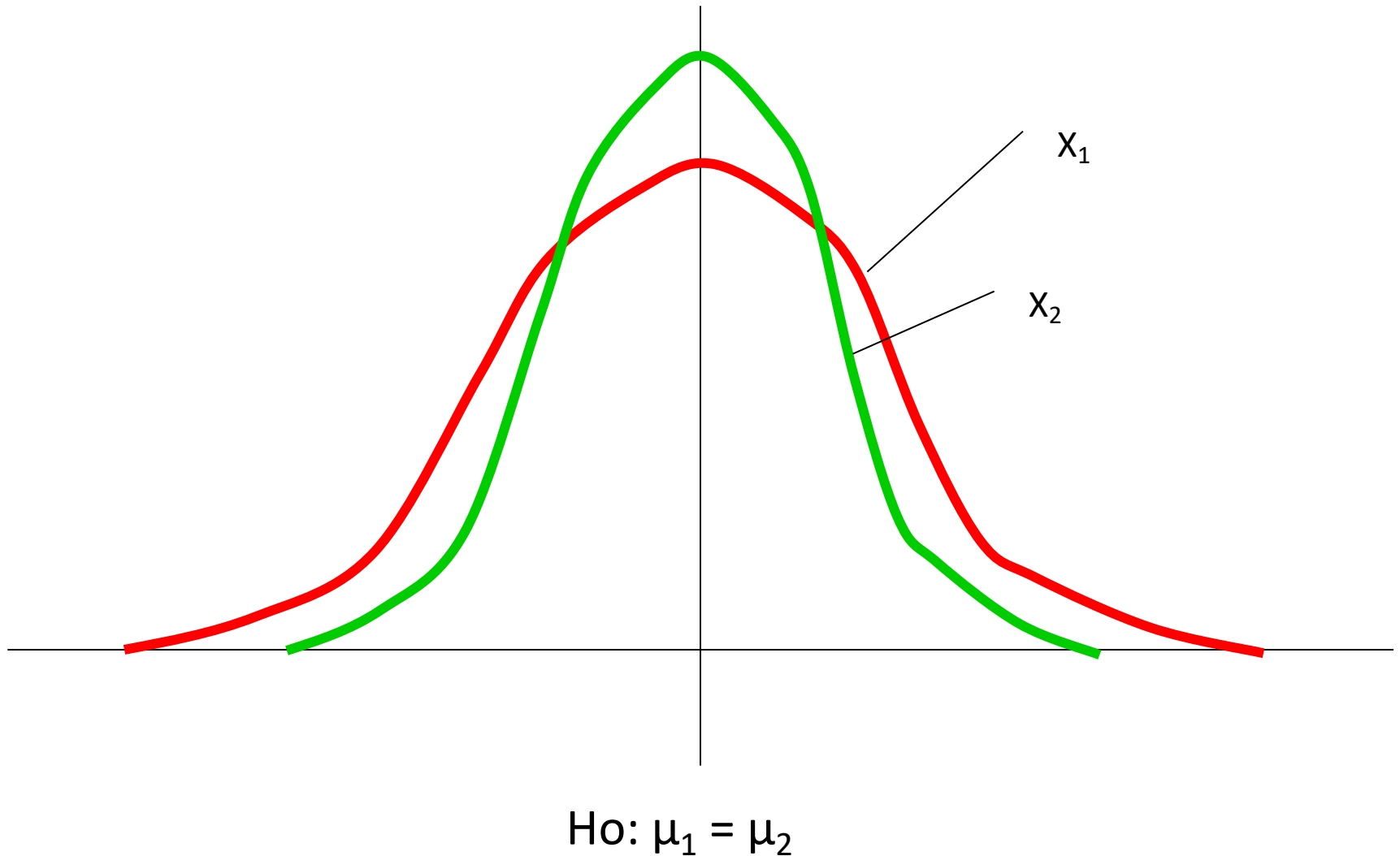
ANOVA: Diferencia mínima detectable

- Una pregunta importante que surge al diseñar un experimento es cuantas réplicas debemos efectuar
- Esta es una pregunta difícil de contestar y tiene dos respuestas:
 - Empírica/práctica: se ha mostrado que usar 5 réplicas permite detectar los efectos principales más importantes de factores. En ningún caso deberíamos usar más de 20 réplicas.
 - Matemática: se basa en calcular el “poder estadístico” del análisis ANOVA usando el estadístico F.

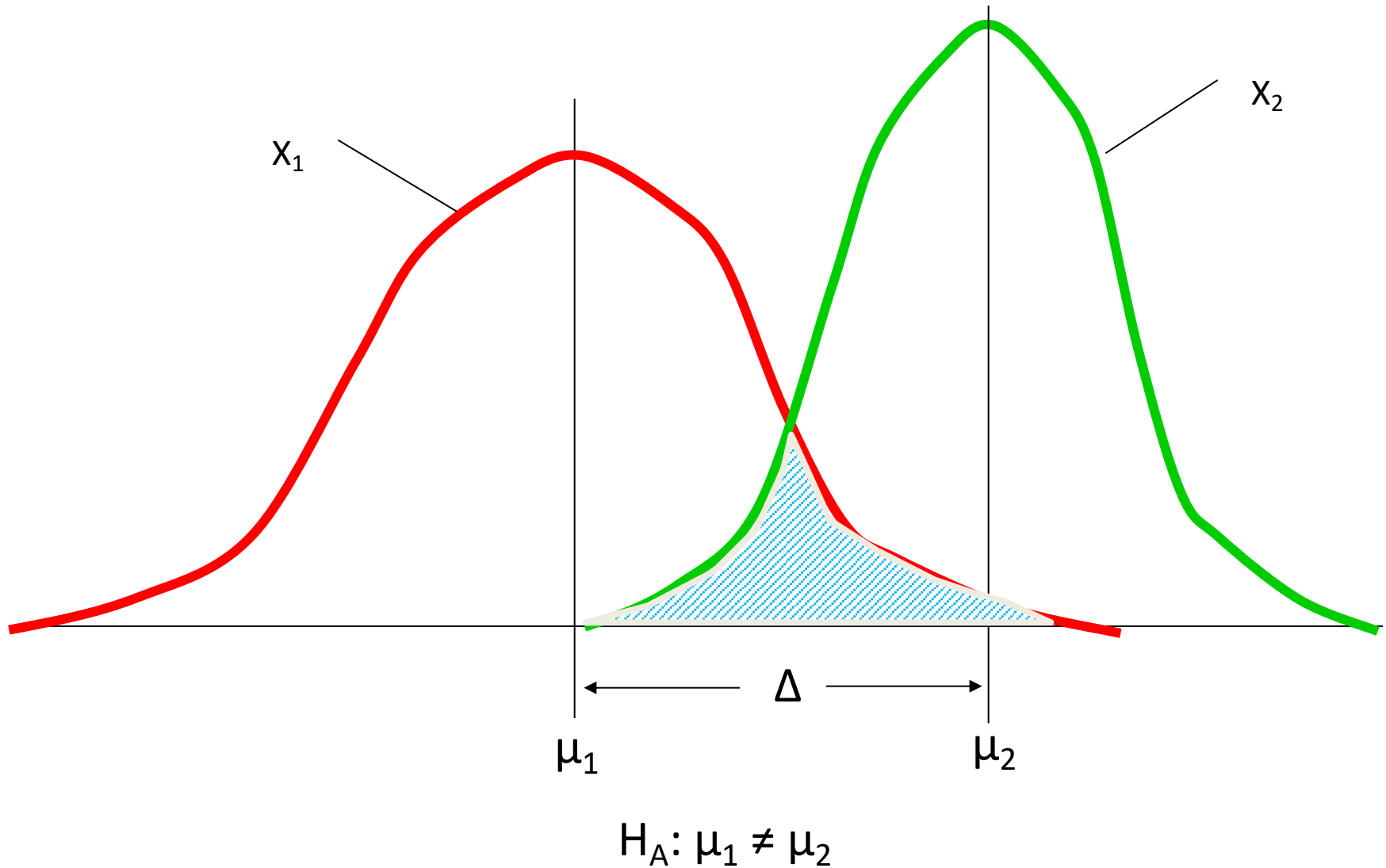
ANOVA: Diferencia mínima detectable

- Poder estadístico de F
 - Se define como la probabilidad de declarar una diferencia (en un ensayo de hipótesis y significación) como significativa si esa diferencia realmente existe. Luego, Poder = $1 - \beta$, donde β es la probabilidad cometer un error del Tipo II (declarar que una diferencia no existe dado que realmente existe).
 - El poder de F se basa en los siguientes parámetros:
 - α = probabilidad cometer error Tipo I (declarar que diferencia existe, dado que realmente no existe)
 - Grados de libertad de F: $t-1$ y $t(r-1)$, donde t = nro. de niveles de un factor y r = nro. de réplicas
 - El parámetro de no-centralidad de F (λ)

ANOVA: Diferencia mínima detectable



ANOVA: Diferencia mínima detectable



ANOVA: Diferencia mínima detectable

- Tabla

- $\alpha = 0.05$
- $1 - \beta = 0.7, 0.8 \text{ ó } 0.9$
- t = número de niveles de un factor (el *g.l.* + 1 del factor o término correspondiente en F del ANOVA)
- r = número réplicas
- Δ^* = diferencia mínima detectable que se desea poder descubrir al aplicar un factor expresada en desviaciones estándares del error:

$$\Delta^* = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{\sigma_{\text{error}}}$$

ANOVA: Diferencia mínima detectable

- Estimación de la Δ^*

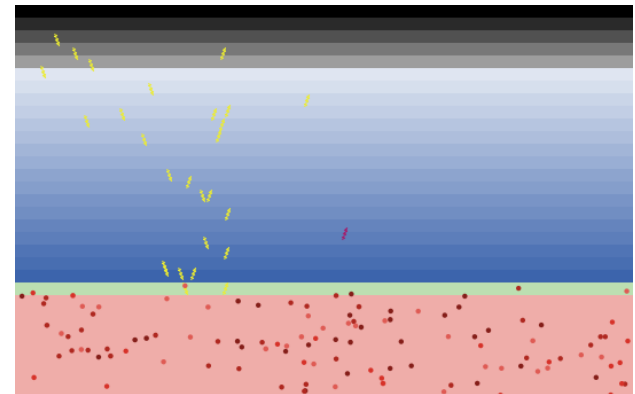
- τ_{max} = efecto más grande al aplicar un cierto nivel de un cierto factor (o del término a considerar)
- τ_{min} = efecto más pequeño al aplicar un cierto nivel del mismo factor anterior (o del mismo término a considerar)
- σ_{error} = error residual (aproximado por el \sqrt{CMR} de un ANOVA, o gruesamente por la d.s. de todos los datos)
- Se puede usar datos anteriores o bien realizar un pequeño experimento (con una pequeña cantidad de réplicas) y con los resultados aproximar Δ^*

$$\Delta^* = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{\sigma_{error}}$$

ANOVA: Ejemplo Diferencia mínima detectable

Cambio climático (*Climate Change*)

- Abra el modelo que está en la carpeta de *Sample Models/Earth Science/Climate Change*.
- Estudie la información del modelo
- Se desea ver el efecto del albedo sobre la temperatura cuando está en estado estacionario (*steady-state*)
- Para eso, se deja todo constante con valores por defecto y se establece el albedo en 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8
- Se efectúan cinco réplicas por cada tratamiento



ANOVA: Ejemplo Diferencia mínima detectable

		Réplica					Suma	Promedio
Factor Albedo		r = 1	r = 2	r = 3	r = 4	r = 5	A_i	A_i / R
		Temperatura						
1	A = 0.2	2.8	2.5	3.6	4.4	2.7	16.0	3.2
2	A = 0.4	3.2	3.5	5.7	4.3	4.8	21.5	4.3 $\tau_{\max}(A_2)$
3	A = 0.6	2.5	2.6	1.8	3.1	3.0	13.0	2.6 $\tau_{\min}(A_3)$
4	A = 0.8	2.7	2.3	3.8	3.7	3.0	15.5	3.1
Total global							T = 66.0	
Promedio Global							T/IR = 3.3	

ANOVA: Ejemplo Diferencia mínima detectable

Fuente De Variación	Suma De Cuadrados	Grados De Libertad	Cuadrados Medios	Cuociente F
Factor A	7.7	3	2.567	4.43
Residuo	9.26	16	0.580	-
Total	16.98	19	-	-

$$F(3,16) = 3.24$$

ANOVA: Ejemplo Diferencia mínima detectable

	<u>t = 4</u> 1- β		
r	.7	.8	.9
2	4.872	5.504	6.395
3	3.094	3.460	3.967
4	2.468	2.754	3.148
5	2.119	2.362	2.698
6	1.888	2.104	2.401

t = 4 niveles

$$\tau_{\max}(A_2) = 4.30$$

$$\tau_{\min}(A_3) = 2.60$$

$$\sigma_{\text{error}} = \sqrt{0.58} = 0.76$$

$$\Delta^* = 1.70 / 0.76 = 2.24$$

$$1-\beta = 0.8$$

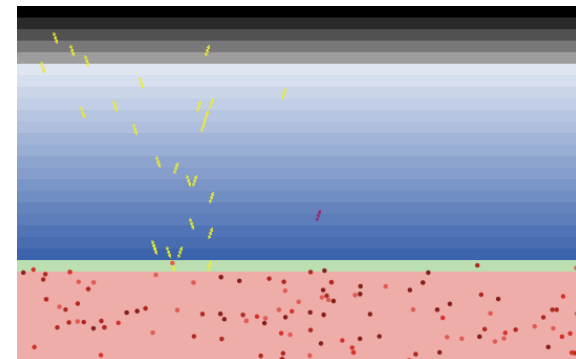
Luego:

$$r = 6$$

ANOVA: Ejemplo Diferencia mínima detectable

Cambio climático (*Climate Change*)

- Abra el modelo que está en la carpeta de *Earth Science*.
- Estudie la información del modelo
- Se desea ver el efecto del albedo y de cuánta energía solar entra a la Tierra (*sun-brightness*) sobre la temperatura cuando está en estado estacionario (*steady-state*)
- Para eso, se deja todo constante con valores por defecto y se establece el *sun-brightness* en 1, 2 y 3; y el albedo en 0.6 y 0.8
- Se efectúan cuatro réplicas por cada tratamiento



ANOVA: Ejemplo Diferencia mínima detectable

FACTOR A	FACTOR B		SUMAS			PROMEDIOS		
	j = 1	j = 2	AB _{i1}	AB _{i2}	A _i	AB _{i1} / R	AB _{i2} / R	A _i / JR
	OBSERVACIONES							
i = 1	33	38	121	132	253	30.25	33.00	31.62
	32	31						
	29	29						
	27	34						
i = 2	26	29	104	115	219	26.00	28.75	27.38
	24	27						
	25	30						
	29	29						
i = 3	29	34	122	136	258	30.50	34.00	32.25
	36	34						
	30	39						
	27	29						
B _j	347	383	Valores Globales: T = 730 T / IJR = 30.42					
B _j / IR	28.92	31.92						

ANOVA: Ejemplo Diferencia mínima detectable

Fuente De Variación	Suma De Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	Cuociente F
Factor A	112.6	2	56.3	5.57 *
Factor B	54.0	1	54.0	5.35 *
Interacción AB	0.8	2	0.4	0.04
Residuo	182.5	18	10.1	-
Total	349.8	23	-	-

$$F(2, 18) = 3.55$$

$$F(1, 18) = 4.41$$

ANOVA: Ejemplo Diferencia mínima detectable

	$t = 3$ $1 - \beta$		
r	.7	.8	.9
2	4.883	5.570	6.548
3	2.957	3.325	3.838
4	2.335	2.618	3.010
5	1.997	2.236	2.568
6	1.775	1.987	2.280
7	1.615	1.808	1.915
8	1.492	1.670	1.788

$t = 3$ niveles

$$\tau_{\max}(A_3) = 32.25$$

$$\tau_{\min}(A_2) = 27.38$$

$$\sigma_{\text{error}} = \sqrt{10.1} = 3.18$$

$$\Delta^* = 4.87 / 3.18 = 1.531$$

$$1 - \beta = 0.7$$

Luego:

$$r = 8$$

ANOVA: Ejemplo Diferencia mínima detectable

FACTOR A	FACTOR B		SUMAS			PROMEDIOS		
	j = 1	j = 2	AB _{i1}	AB _{i2}	A _i	AB _{i1} / R	AB _{i2} / R	A _i / JR
	OBSERVACIONES							
i = 1	33	38	121	132	253	30.25	33.00	31.62
	32	31						
	29	29						
	27	34						
i = 2	26	29	104	115	219	τ _{min} (AB ₂₁) 26.00	28.75	27.38
	24	27						
	25	30						
	29	29						
i = 3	29	34	122	136	258	30.50	τ _{max} (AB ₃₂) 34.00	32.25
	36	34						
	30	39						
	27	29						
B _j	347	383	Valores Globales: T = 730 T / IJR = 30.42					
B _j / IR	28.92	31.92						

ANOVA: Ejemplo Diferencia mínima detectable

	<u>t = 6</u> 1- β		
r	.7	.8	.9
2	4.922	5.505	6.317
3	3.283	3.647	4.149
4	2.650	2.940	3.337
5	2.287	2.535	2.876
6	2.042	2.264	2.567
7	1.863	2.065	2.341

t = 6 niveles

$$\tau_{\max}(AB_{32}) = 34.0$$

$$\tau_{\min}(A_{21}) = 26.0$$

$$\sigma_{\text{error}} = \sqrt{10.1} = 3.18$$

$$\Delta^* = 8.0 / 3.18 = 2.516$$

$$1-\beta = 0.9$$

Luego:

$$r = 7$$

ANOVA: estadístico t de student (t -stat)

- Se puede demostrar que al hacer el ANOVA de un factor, comparando dos medias, el estadístico F es equivalente al estadístico t de student.
- Es más fácil calcular el estadístico t y su valor observado de significancia (p).
- Por ejemplo, en planilla Excel con función PRUEBA.TN

						Promedio	S.D.
A = 0.2	2.8	2.5	3.6	4.4	2.7	3.20	0.79
A = 0.4	3.2	3.5	5.7	4.3	4.8	4.30	1.01
A = 0.6	2.5	2.6	1.8	3.1	3	2.60	0.51
A = 0.8	2.7	2.3	3.8	3.7	3	3.10	0.64

		diferencia	p-val t-stat			diferencia	p-val t-stat
A = 0.2	3.20	-1.10	0.091	A = 0.4	4.30	1.70	0.010
A = 0.4	4.30			A = 0.6	2.60		

ANOVA: uso de SPSS

FACTORES

A : Avg. Coupling tendency

B : Avg. Commitment

C : Avg. Condom use

NIVELES

a1 : 3

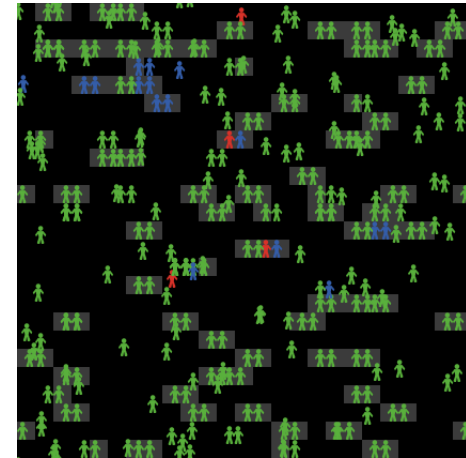
a2 : 7

b1 : 50 semanas

b2 : 100 semanas

c1 : 0

c2 : 5



(Sample Models/Biology/AIDS)

RESPUESTA: porcentaje de personas infectadas con SIDA

REPLICAS : Hay tres réplicas (corridas) por cada combinación de tratamientos

Archivo Entrada

todasrep	facta_2	factb_2	factc_2
64,10	1,00	1,00	1,00
59,10	2,00	1,00	1,00
66,90	1,00	2,00	1,00
66,80	2,00	2,00	1,00
70,60	1,00	1,00	2,00
72,30	2,00	1,00	2,00
67,60	1,00	2,00	2,00
74,90	2,00	2,00	2,00
63,90	1,00	1,00	1,00
62,10	2,00	1,00	1,00
68,40	1,00	2,00	1,00
67,60	2,00	2,00	1,00
69,70	1,00	1,00	2,00
68,90	2,00	1,00	2,00
67,80	1,00	2,00	2,00
74,20	2,00	2,00	2,00
61,60	1,00	1,00	1,00
59,70	2,00	1,00	1,00
61,20	1,00	2,00	1,00
64,20	2,00	2,00	1,00
70,30	1,00	1,00	2,00
69,10	2,00	1,00	2,00
69,80	1,00	2,00	2,00
75,00	2,00	2,00	2,00

ANOVA: uso de SPSS

IBM SPSS Statistics Data Editor window showing the 'Analyze' menu and the 'General Linear Model' submenu.

The main window title is: *Datos_Ejemplos_Anova.sav [DataSet1] - IBM SPSS Statistics Data Editor

The 'Analyze' menu is open, showing the following options:

- Reports
- Descriptive Statistics
- Tables
- Compare Means
- General Linear Model** (highlighted)
- Generalized Linear Models
- Mixed Models
- Correlate
- Regression
- Loglinear
- Classify
- Dimension Reduction
- Scale
- Nonparametric Tests
- Forecasting
- Survival
- Multiple Response
- Quality Control
- ROC Curve...

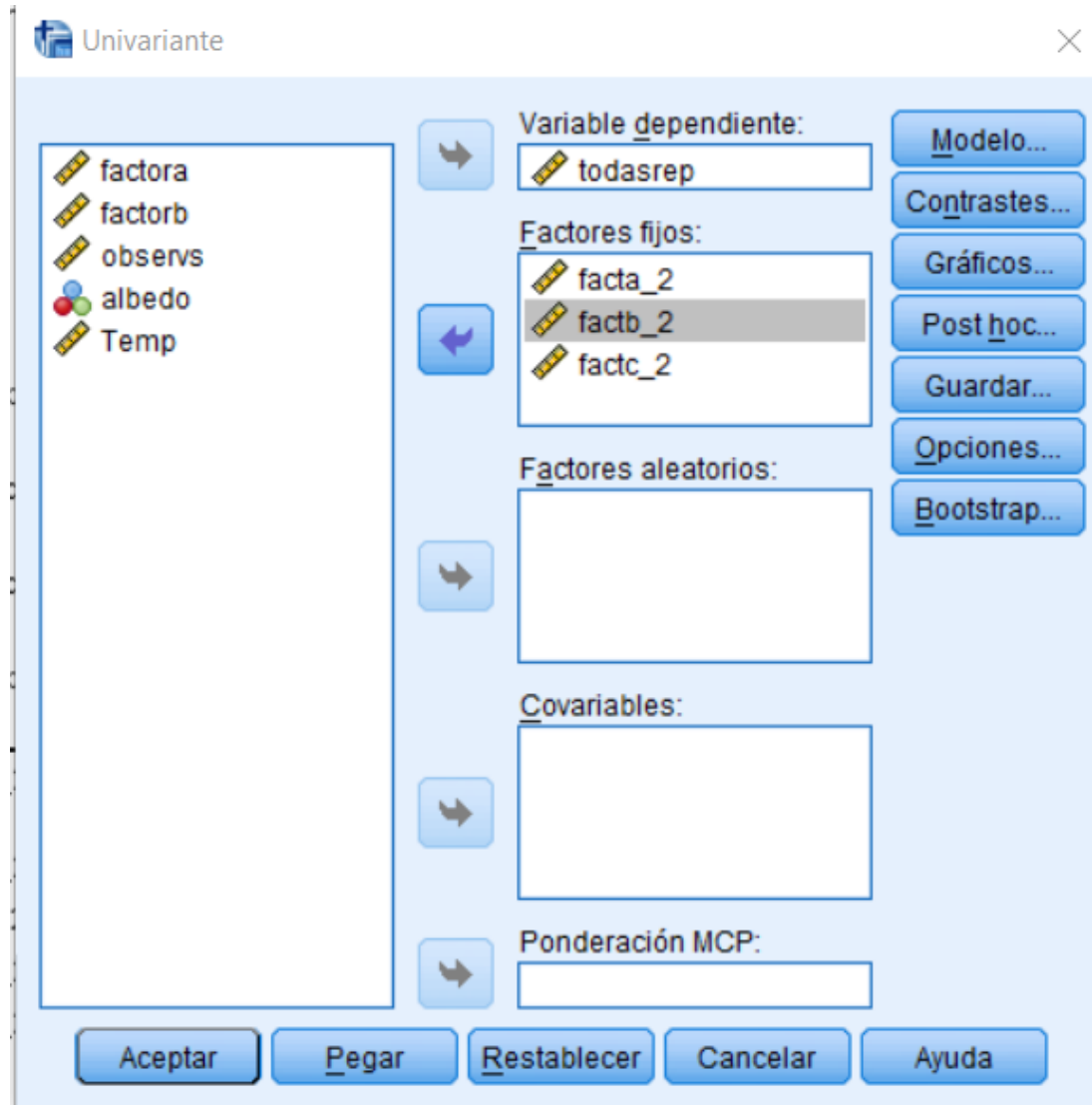
The 'General Linear Model' submenu is open, showing the following options:

- Univariate...** (highlighted)
- Multivariate...
- Repeated Measures...
- Variance Components...

The data table shows the following structure:

	factora	factb	factc	factd	facte	factf
1	1,00					
2	1,00					
3	1,00					
4	1,00					
5	2,00					
6	2,00					
7	2,00					
8	2,00					
9	3,00					
10	3,00					
11	3,00					
12	3,00					
13	1,00					
14	1,00					
15	1,00	2,00	29,00	67,80	1,00	2,00
16	1,00	2,00	34,00	74,20	2,00	2,00
17	2,00	2,00	29,00	61,60	1,00	1,00
18	2,00	2,00	27,00	59,70	2,00	1,00
19	2,00	2,00	30,00	61,20	1,00	2,00
20	2,00	2,00	29,00	64,20	2,00	2,00
21	3,00	2,00	34,00	70,30	1,00	1,00
22	3,00	2,00	34,00	69,10	2,00	1,00
23	3,00	2,00	39,00	69,80	1,00	2,00
24	3,00	2,00	29,00	75,00	2,00	2,00
25						

ANOVA: uso de SPSS



Salida Anova

Between-Subjects Factors

		N
facta_2	1,00	12
	2,00	12
factb_2	1,00	12
	2,00	12
factc_2	1,00	12
	2,00	12

Descriptive Statistics

Dependent Variable: todasrep

facta_2	factb_2	factc_2	Mean	Std. Deviation	N
1,00	1,00	1,00	63,2000	1,38924	3
		2,00	70,2000	,45826	3
		Total	66,7000	3,94411	6
	2,00	1,00	65,5000	3,79868	3
		2,00	68,4000	1,21655	3
		Total	66,9500	2,98111	6
	Total	1,00	64,3500	2,85149	6
		2,00	69,3000	1,28374	6
		Total	66,8250	3,33579	12
2,00	1,00	1,00	60,3000	1,58745	3
		2,00	70,1000	1,90788	3
		Total	65,2000	5,59249	6
	2,00	1,00	66,2000	1,77764	3
		2,00	74,7000	,43589	3
		Total	70,4500	4,79740	6
	Total	1,00	63,2500	3,56581	6
		2,00	72,4000	2,80713	6
		Total	67,8250	5,67404	12
Total	1,00	1,00	61,7500	2,07437	6
		2,00	70,1500	1,24218	6
		Total	65,9500	4,67984	12
	2,00	1,00	65,8500	2,68011	6
		2,00	71,5500	3,54612	6
		Total	68,7000	4,22396	12
	Total	1,00	63,8000	3,13137	12
		2,00	70,8500	2,63663	12
		Total	67,3250	4,58042	24

Salida Anova

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: todasrep

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	427,425 ^a	7	61,061	17,724	,000
Intercept	108783,735	1	108783,735	31577,282	,000
facta_2	6,000	1	6,000	1,742	,206
factb_2	45,375	1	45,375	13,171	,002
factc_2	298,215	1	298,215	86,565	,000
facta_2 * factb_2	37,500	1	37,500	10,885	,005
facta_2 * factc_2	26,460	1	26,460	7,681	,014
factb_2 * factc_2	10,935	1	10,935	3,174	,094
facta_2 * factb_2 * factc_2	2,940	1	2,940	,853	,369
Error	55,120	16	3,445		
Total	109266,280	24			
Corrected Total	482,545	23			

a. R Squared = ,886 (Adjusted R Squared = ,836)

Test no paramétrico

- Recordemos que en un ANOVA (y una prueba *t-stat*) hacemos algunas suposiciones:
 - Data pertenece a una distribución normal
 - Las muestras son iid (independientes, distribuidas idénticamente)
 - El error (ϵ) tiene media cero y sigue una distribución normal
 - La varianza del error es homocedástica (constante, no dependiendo de los niveles de los factores)
- ¿Qué pasa si dichas suposiciones no se pueden hacer o no se cumplen?
- Hacemos una prueba estadística no paramétrica
- Existen muchas: Mann-Whitney, Kolmogorov-Smirnov, Wilcoxon Rank, Kruskal-Wallis, etc.
- Usaremos el paquete estadístico SPSS

Test no paramétrico: uso de SPSS

FACTORES

A : Albedo

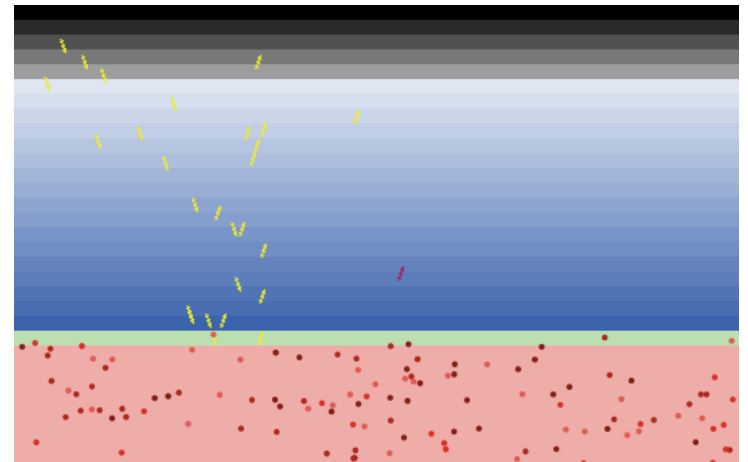
NIVELES

a1 : 0.2

a2 : 0.8

RESPUESTA: temperatura en estado estable

REPLICAS : Hay doce réplicas por cada combinación de tratamientos.



(Sample Models/Earth Science/Climate Change)

Archivo Entrada

albedo	Temp	
1,00	22,00	
1,00	24,00	
1,00	21,00	
1,00	20,00	
1,00	26,00	
1,00	22,00	
1,00	24,00	
1,00	23,00	
1,00	22,00	
1,00	21,00	
1,00	20,00	
1,00	20,00	
2,00	21,00	
2,00	23,00	
2,00	24,00	
2,00	25,00	
2,00	25,00	
2,00	26,00	
2,00	27,00	
2,00	22,00	
2,00	24,00	
2,00	23,00	
2,00	27,00	
2,00	27,00	

Test no paramétrico: uso de SPSS

Datos_Ejemplos_Anova.sav [DataSet1] - IBM SPSS Statistics Data Editor

File Edit View Data Transform Analyze Graphs Utilities Add-ons Window Help

Reports
Descriptive Statistics
Tables
Compare Means
General Linear Model
Generalized Linear Models
Mixed Models
Correlate
Regression
Loglinear
Classify
Dimension Reduction
Scale
Nonparametric Tests
Forecasting
Survival
Multiple Response
Quality Control
ROC Curve...

One Sample...
Independent Samples...
Related Samples...
Legacy Dialogs
Chi-square...
Binomial...
Runs...
1-Sample K-S...
2 Independent Samples...
K Independent Samples...
2 Related Samples...
K Related Samples...

	factora	facto	facta_2	factb_2	factc_2	albedo	Te
1	1,00		10	1,00	1,00	1,00	
2	1,00		10	2,00	1,00	1,00	
3	1,00		90	1,00	2,00	1,00	
4	1,00		80	2,00	2,00	1,00	
5	2,00		60	1,00	1,00	2,00	1,00
6	2,00		30	2,00	1,00	2,00	1,00
7	2,00		60	1,00	2,00	2,00	1,00
8	2,00		90	2,00	2,00	2,00	1,00
9	3,00		60	1,00	1,00	1,00	1,00
10	3,00		90	2,00	1,00	1,00	1,00
11	3,00		90	2,00	2,00	1,00	1,00
12	3,00		90	2,00	2,00	1,00	1,00
13	1,00		90	2,00	1,00	1,00	1,00
14	1,00		90	2,00	1,00	1,00	1,00
15	1,00	2,00	29,00	67,80	1,00	2,00	
16	1,00	2,00	34,00	74,20	2,00	2,00	
17	2,00	2,00	29,00	61,60	1,00	1,00	
18	2,00	2,00	27,00	59,70	2,00	1,00	
19	2,00	2,00	30,00	61,20	1,00	2,00	
20	2,00	2,00	29,00	64,20	2,00	2,00	
21	3,00	2,00	34,00	70,30	1,00	1,00	
22	3,00	2,00	34,00	69,10	2,00	1,00	2,00
23	3,00	2,00	39,00	69,80	1,00	2,00	2,00
24	3,00	2,00	29,00	75,00	2,00	2,00	2,00
25							

Test no paramétrico: uso de SPSS

tos

The screenshot displays the SPSS user interface. At the top is a menu bar with 'Gráficos', 'Utilidades', 'Ventana', and 'Ayuda'. Below it is a toolbar with various icons. A data table is visible in the background with columns: factb_2, factc_2, albedo, Temp, var, var, var. The data rows show values for these variables.

In the foreground, a dialog box titled 'Pruebas para dos muestras independientes' is open. It contains the following elements:

- Lista Variables de prueba:** A list box containing 'Temp'.
- Variable de agrupación:** A text box containing 'albedo(1 2)'.
- Definir grupos...** button.
- Tipo de prueba:** A section with checkboxes for different tests:
 - ☒ U de Mann-Whitney
 - ☐ Z de Kolmogorov-Smirnov
 - ☐ Reacciones extremas de Moses
 - ☐ Rachas de Wald-Wolfowitz
- Buttons at the bottom: 'Aceptar', 'Pegar', 'Restablecer', 'Cancelar', and 'Ayuda'.

Test no paramétrico: Salidas

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Temp	24	23,2917	2,27423	20,00	27,00
albedo	24	1,5000	,51075	1,00	2,00

Ranks

	albedo	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Temp	1,00	12	8,75	105,00
	2,00	12	16,25	195,00
	Total	24		

Test Statistics^b

	Temp
Mann-Whitney U	27,000
Wilcoxon W	105,000
Z	-2,620
Asymp. Sig. (2-tailed)	,009
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,008 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: albedo

BehaviorSpace

(Sample Models/Biology/AIDS)

Analizador comportamiento

The screenshot shows the 'Experiment' dialog box in BehaviorSpace. It contains the following fields and options:

- Experiment name:** A text field containing 'experiment'.
- Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):** A text area containing a list of variables in brackets: `["initial-people" 300]`, `["average-coupling-tendency" 5]`, `["average-condom-use" 0]`, `["average-test-frequency" 0]`, and `["average-commitment" 50]`.
- Instructions:** Text explaining how to list values or specify ranges (e.g., `["my-slider" 1 2 7 8]` or `["my-slider" [0 1 10]]`).
- Repetitions:** A text field containing '10'.
- Measure runs using these reporters:** A text area containing '%infected'.
- Options:** A checkbox labeled 'Measure runs at every step' is unchecked. Below it, text states: 'if unchecked, runs are measured only when they are over'.
- Setup commands:** A text area containing 'setup'.
- Go commands:** A text area containing 'go'.
- Stop condition:** A checkbox is checked. Text below: 'the run stops if this reporter becomes true'.
- Final commands:** A checkbox is unchecked. Text below: 'run at the end of each run'.
- Time limit:** A text field containing '3000'.
- Buttons:** 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom.

BehaviorSpace

BehaviorSpace results (NetLogo 5.3.1)							
AIDS.nlogo							
experiment							
10/16/2019 15:41:26:568 -0300							
min-pxcor	max-pxcor	min-pycor	max-pycor				
-12	12	-12	12				
[run number]	initial-people	average-coupling-tendency	average-condom-use	average-test-frequency	average-commitment	[step]	%infected
1	300	5	0	0	50	3000	80.3333333
2	300	5	0	0	50	3000	80.6666667
3	300	5	0	0	50	3000	78
4	300	5	0	0	50	3000	80
5	300	5	0	0	50	3000	81
6	300	5	0	0	50	3000	87
7	300	5	0	0	50	3000	76.3333333
8	300	5	0	0	50	3000	75.6666667
9	300	5	0	0	50	3000	82.3333333
10	300	5	0	0	50	3000	78

BehaviorSpace

Notar el orden de factores:
influye en el orden en que
salen en el archivo de salida:

ACT: varía más lento

AC: varía lento

ACU: varía rápido



2 ³	ACU	AC	ACT
1	0	50	3
2	5	50	3
3	0	100	3
4	5	100	3
5	0	50	7
6	5	50	7
7	0	100	7
8	5	100	7

The screenshot shows the 'Experiment' configuration window in BehaviorSpace. The 'Experiment name' is 'experiment_2'. Under 'Vary variables as follows', three variables are listed: 'average-coupling-tendency' (range 3-7), 'average-commitment' (range 50-100), and 'average-condom-use' (range 0-5). The 'Repetitions' are set to 2. The 'Measure runs using these reporters' list contains '%infected'. The 'Setup commands' field contains 'setup', and the 'Go commands' field contains 'go'. The 'Stop condition' is set to 'the run stops if this reporter becomes true'. The 'Time limit' is set to 3000 steps. The 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom right.

Experiment

Experiment name

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[ "average-coupling-tendency" 3 7 ]  
[ "average-commitment" 50 100 ]  
[ "average-condom-use" 0 5 ]
```

Either list values to use, for example:
["my-slider" 1 2 7 8]
or specify start, increment, and end, for example:
["my-slider" [0 1 10]] (note additional brackets)
to go from 0, 1 at a time, to 10.
You may also vary max-pxcor, min-pxcor, max-pycor, min-pycor, random-seed.

Repetitions
run each combination this many times

Measure runs using these reporters:

```
%infected
```

one reporter per line; you may not split a reporter across multiple lines

☐ Measure runs at every step
if unchecked, runs are measured only when they are over

Setup commands:

Go commands:

☐ Stop condition: the run stops if this reporter becomes true

☐ Final commands: run at the end of each run

Time limit
stop after this many steps (0 = no limit)

OK Cancel

BehaviorSpace

BehaviorSpace results (NetLogo 5.3.1)					
AIDS.nlogo					
experiment_2					
10/14/2019 11:26:09:910 -0300					
min-pxcor	max-pxcor	min-pycor	max-pycor		
-12	12	-12	12		
[run number]	average-coupling-tendency	average-commitment	average-condom-use	[step]	%infected
1	3	50	0	3000	56.66666667
2	3	50	0	3000	47.66666667
3	3	50	5	3000	67.33333333
4	3	50	5	3000	52.66666667
5	3	100	0	3000	6.333333333
6	3	100	0	3000	7.333333333
7	3	100	5	3000	8.333333333
8	3	100	5	3000	9.666666667
9	7	50	0	3000	82.33333333
10	7	50	0	3000	85
11	7	50	5	3000	87.33333333
12	7	50	5	3000	87
13	7	100	0	3000	27.66666667
14	7	100	0	3000	20.66666667
15	7	100	5	3000	19.66666667
16	7	100	5	3000	28

BehaviorSpace

(Sample Models/Biology/AIDS)

Produce una
“serie de
tiempo”

Experiment

Experiment name

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[ "initial-people" 300 ]  
[ "average-coupling-tendency" 5 ]  
[ "average-condom-use" 0 ]  
[ "average-test-frequency" 0 ]  
[ "average-commitment" 50 ]
```

Either list values to use, for example:
["my-slider" 1 2 7 8]
or specify start, increment, and end, for example:
["my-slider" [0 1 10]] (note additional brackets)
to go from 0, 1 at a time, to 10.
You may also vary max-pyccor, min-pyccor, max-pyccor, min-pyccor, random-seed.

Repetitions
run each combination this many times

Measure runs using these reporters:

```
%infected
```

one reporter per line; you may not split a reporter across multiple lines

☒ Measure runs at every step
if unchecked, runs are measured only when they are over

Setup commands:

Go commands:

the run stops if this reporter becomes true

run at the end of each run

Time limit
stop after this many steps (0 = no limit)

BehaviorSpace

BehaviorSpace results (NetLogo 5.3.1)							
AIDS.nlogo							
experiment							
10/16/2019 15:50:17:575 -0300							
min-pxcor	max-pxcor	min-pycor	max-pycor				
-12	12	-12	12				
[run number]	initial-people	average-coupling-tendency	average-condom-use	average-test-frequency	average-commitment	[step]	%infected
1	300	5	0	0	50	0	2.666666667
1	300	5	0	0	50	1	2.666666667
1	300	5	0	0	50	2	2.666666667
1	300	5	0	0	50	3	3.666666667
1	300	5	0	0	50	4	3.666666667
1	300	5	0	0	50	5	3.666666667
1	300	5	0	0	50	6	3.666666667
1	300	5	0	0	50	7	3.666666667
1	300	5	0	0	50	8	3.666666667
1	300	5	0	0	50	9	3.666666667
1	300	5	0	0	50	10	3.666666667
1	300	5	0	0	50	11	4
1	300	5	0	0	50	12	4
1	300	5	0	0	50	13	4
1	300	5	0	0	50	14	4
1	300	5	0	0	50	2994	82
1	300	5	0	0	50	2995	82
1	300	5	0	0	50	2996	82
1	300	5	0	0	50	2997	82
1	300	5	0	0	50	2998	82
1	300	5	0	0	50	2999	82
1	300	5	0	0	50	3000	82

Ejercicio

Entregable:

1. Use el modelo seleccionado para la tarea anterior
2. Reproduzca los ANOVA vistos para el Diseño 2^3 , incluyendo confeccionar Tabla de respuestas, e interprete el ANOVA y Tabla de respuestas
3. Determine la cantidad de réplicas necesarias y vea si es conveniente/práctico hacer más réplicas
4. Elabore una presentación de 20 minutos y venga preparado para exponer
5. TODOS los miembros de los grupos deben poder exponer: se seleccionará aleatoriamente al expositor/es
6. Entregue una copia impresa de la presentación, con un tamaño adecuado para que pueda ser leída (2 diapositivas por página, por ambas caras)