Influcencia del método de preparación del suelo en el crecimiento de brotes de pino.

Diseño en bloques aleatorizados

Se llevó a cabo un experimento para determinar el efecto de tres tipos de preparación de suelos sobre el crecimiento durante el primer año de brotes de pino. Se seleccionaron cuatro lugares, y cada uno de ellos se dividió en tres parcelas. Como se sospechaba que la fertilidad del suelo en cada lugar era más homogénea que entre lugares, se usó un diseño de bloques aleatorizados tomando los lugares como bloques. Cada preparación de suelos fue aplicada aleatoriamente a una parcela en cada lugar. Los métodos de preparación de suelos empleados fueron A (ninguna), B (fertilización ligera) y C (quema). En cada parcela se sembró el mismo número de brotes y se registró como dato el promedio del crecimiento de los brotes en la parcela durante el primer año. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 1.

	Lugar			
Preparación	1	2	3	4
A	11	13	16	10
B	15	17	20	12
C	10	15	13	10

Tabla 1: Crecimiento promedio de brotes de pino durante el primer año en parcelas con diferentes tratamientos de suelos.

Analicemos primero estos datos sin tomar en cuenta el efecto del bloque. En este caso, se trata de un análisis de varianza con un criterio de clasificación, para el cual obtenemos la siguiente tabla de análisis de varianza:

```
Analysis of Variance Table

Response: crecim.prom
            Df  Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
preparacion  2  38.000  19.000  2.3425 0.1517
Residuals    9  73.000   8.111
Total       11 111.000
```

Si elegimos $\alpha = 0.05$, no es posible rechazar la hipótesis de igualdad entre los diferentes métodos de preparación del suelo.

Incorporemos ahora el efecto de los lugares (bloques). El modelo, en este caso, es

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \varepsilon_{ij},\ i = 1, 2, 3;\ j = 1, \ldots, 4.$$

donde α_i representa el efecto del tratamiento (procesamiento del suelo), τ_i el efecto del bloque (lugar) y ε_{ij} es el error, $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$.

Al ajustar este modelo, obtenemos la siguiente tabla de análisis de varianza, obtenemos el siguiente resultado

```
Analysis of Variance Table

Response: crecim.prom
            Df  Sum Sq Mean Sq F value   Pr(>F)
preparacion  2  38.000  19.000  10.059 0.012124
lugar        3  61.667  20.556  10.882 0.007693
Residuals    6  11.333   1.889
Total       11 111
```

Al probar la hipótesis $H_0 : \alpha_i = 0 \forall i$ vs H_1 : algún $\alpha_i \neq 0$ a nivel 0.05, rechazamos la hipótesis nula; es decir, existen diferencias significativas debidas al método de preparación del suelo. Así mismo, cuando probamos la hipótesis de igualdad entre bloques ($H_0 : \tau_j = 0 \forall j$) también rechazamos la hipótesis nula. Observemos también que la estimación de la varianza del error bajo de 8.11 en el primer modelo a 1.89 en el segundo; esto nos indica que la mayor parte de la variación atribuida al error en el primer modelo puede ser explicada por las diferencias entre los bloques. Es entonces necesario tomar en cuenta la variabilidad entre los bloques para poder detectar las diferencias que los diversos métodos de preparación del suelo ocasionan en el crecimiento de los brotes de pino.

En la figura 1 se muestran los gráficos de residuos para este último modelo. En ellos no se observan comportamientos que hagan dudar de la validez de las hipótesis.

Las pruebas de diferencias entre medias pueden hacerse de la misma manera que en el caso de análisis de varianza con un criterio de clasificación, pero usando como estimador de la varianza el obtenido con el modelo que toma en cuenta el efecto de los bloques. Por ejemplo, si se usa el método de mínima diferencia significativa (hay sólo tres comparaciones posibles) se obtiene $LSD = t_6^{0.025}\sqrt{(\frac{2(MSE)}{4})} = 2.378041$ (todos los grupos tienen el mismo tamaño). Usando que $\hat{\mu}_A = 12.5$, $\hat{\mu}_B = 16$ y $\hat{\mu}_C = 12$, obtenemos:

- $H_0 : \mu_A = \mu_B$: $\mu_A - \mu_B = 12.5 - 16 = -3.5$, y el intervalo de confianza para la diferencia es $(-5.88, -1.12)$, el cual no contiene al cero. Por lo tanto, rechazamos H_0.
- $H_0 : \mu_A = \mu_C$: $\mu_A - \mu_C = 12.5 - 12 = 0.5$, y el intervalo de confianza para la diferencia es $(-1.88, 2.88)$, el cual contiene al cero. Por lo tanto, no rechazamos H_0.
- $H_0 : \mu_B = \mu_C$: $\mu_B - \mu_C = 16 - 12 = 4$, y el intervalo de confianza para la diferencia es $(1.62, 6.38)$, el cual no contiene al cero. Por lo tanto, rechazamos H_0.

Es decir, los brotes de pino sembrados en parcelas con fertilización ligera tuvieron un crecimiento mayor que los sembrados en parcelas sin tratamiento o sometidas a quema.

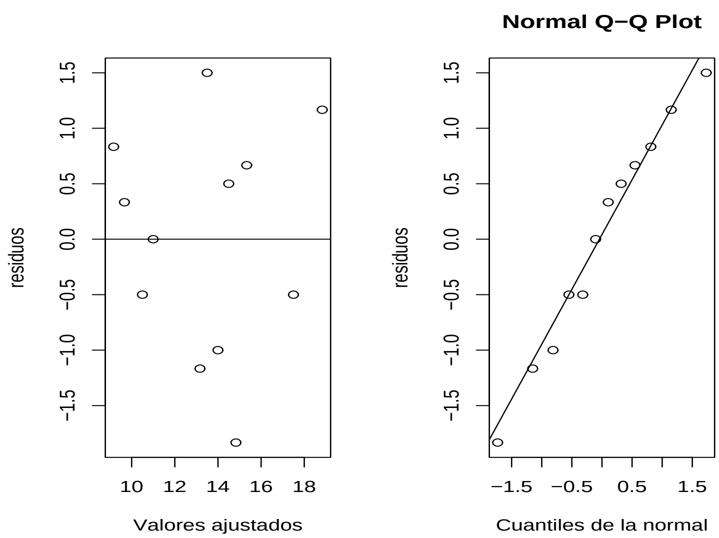

Figura 1: Residuos para el modelo de bloques aleatorizados.