

PARCELAS DIVIDIDAS

Papel 1

Un fabricante de papel está interesado en tres métodos para preparar la pulpa y cuatro temperaturas de cocción de la pulpa. Aunque la temperatura es una variable continua, solo se van a estudiar 4 temperaturas, por lo que se toma como un factor fijo.

El fabricante desea estudiar el efecto del método y de la temperatura sobre la resistencia a la tensión del papel, que es el esfuerzo máximo a tensión obtenido durante una prueba hasta la ruptura bajo unas condiciones prescritas. El esfuerzo es expresado como la fuerza por unidad del ancho de la muestra puesta a prueba, medido en kg/cm.

Cada réplica de un factorial requiere 12 observaciones y el investigador ha decidido correr tres réplicas. El experimento se lleva a cabo de la siguiente forma:

- Produce 3 lotes de pulpa con cada uno de los 3 métodos que está estudiando en un orden aleatorio. En total produce 9 lotes de pulpa.
- Cada vez que produce un lote lo divide en cuatro partes o muestras y realiza la cocción de cada muestra con una temperatura diferente asignada aleatoriamente.

Ejercicios

1. Utilice los datos que se encuentran en el archivo `papel.Rdata`. Asegúrese que están bien definidos los factores método y temperatura.
- La variable `lote` indica los lotes de pulpa, y se enumeran de 1 a 9 para diferenciar todos los lotes. Ponga juntas las variables `metodo` y `lote` para observar la correspondencia de los lotes con los métodos.
- Basado en lo que ve en el gráfico, se esperararía un efecto de la temperatura?
2. ¿Qué implicaciones tendría una interacción entre método y temperatura?
- Haga el análisis usando la función `lmer` de la librería `lme4`. La parte aleatoria son los bloques que se separan con un `+` del resto del modelo y se pone entre paréntesis (`1|bloque`). La instrucción completa debe quedar de la siguiente forma: `lmer(Y~FP*FSP+(1|bloque))`.
- El anova que da esta librería no tiene las probabilidades asociadas, pero se pueden calcular con los valores de F que da el anova, siempre que se sepa cómo calcular los grados de libertad. Los grados de libertad para el error de parcela se obtienen sabiendo que los lotes están anidados dentro de cada método. Entonces se tienen $a(r-1)$ grados de libertad, donde a es el número de métodos y r el número de lotes por cada método. En este caso $3*(3-1)=6$. El error de subparcela se calcula con $n-p-gl.parcela$, donde p es el número de coeficientes (1 de intercepto, 2 de métodos, 3 de temperaturas, 6 de interacción, son 12 coeficientes), por lo que el error de parcela tiene $36-12-6=18$ grados de libertad. La probabilidad para la interacción se calcula con el error de subparcela.
3. Asumiendo que no hay interacción entre `metodo` y `temp`, se pueden probar dos hipótesis, una sobre el efecto del método usando los grados de libertad de parcela y otra sobre el efecto de la temperatura usando los grados de libertad de subparcela.
- Use un modelo sin interacción y haga la prueba sobre el efecto de la temperatura comparando los promedios de forma marginal. Debe ajustar los grados de libertad, pues ahora los 6 grados de libertad de la interacción se suman al error de subparcela. De esta forma quedan 24 grados de libertad en la subparcela.
- Haga la prueba sobre el efecto del método comparando los promedios de forma marginal. Use los grados de libertad de parcela que son 6. Estos grados de libertad no cambian haya o no interacción.

4. Puesto que se supone que no hay interacción entre método y temperatura, para hacer comparaciones múltiples entre los promedios de las 4 temperaturas, se pueden hacer comparaciones de Tukey.
 - Compare los promedios y obtenga límites inferiores para los casos en que tenga sentido. Se usan solo los coeficientes fijos, los cuales se extraen mediante `summary(mod)$coef`. Se pueden usar solo los coeficientes de temperatura, lo que es equivalente a poner los de método en cero, es decir, para hacer las comparaciones marginales. Debe usar los grados de libertad de subparcela que son 24.
 - Se pueden obtener las probabilidades de las comparaciones de Tukey usando la función `lsmeans` de la librería `lsmeans` con la siguiente instrucción `lsmeans(mod2, pairwise~"temp", adjust="tukey")`. Note que esto solo es útil para obtener las probabilidades pero no los intervalos o límites de confianza.