

Medición de agrado con escala hedónica para el postre brownie con diferentes tratamientos que afectan el sabor

Juan José Jaikel, Manrique Chacón, Paula Rodríguez

Escuela de Estadística, Universidad de Costa Rica

juan.jaikel@ucr.ac.cr, man.c.r@hotmail.com, prm1004@gmail.com

RESUMEN

Desde un punto de vista empresarial toda empresa debe maximizar sus ingresos y generar la producción de cualquier producto al mínimo costo posible. Sin embargo, no se contempla que tanto baja la calidad del producto al generar este cambio. Se quiere estudiar el caso específico de la producción de brownies. Este postre contiene pocos ingredientes por lo que se quiere explorar cuales se pueden variar para reducir costos sin sacrificar un buen sabor que le guste a los consumidores. Es por esta razón que se recurre a un modelo experimental para detectar si se encuentran diferencias en el gusto de las personas hacia un brownie más económico subiendo en costo hasta el de mayor precio. Se toman como factores el tipo de grasa y la cantidad de cocoa que se le agrega a la mezcla. Se encuentra que hay interacción entre ambas por lo que se realiza el análisis pertinente. Se encuentran diferencias entre los brownies de uno de los niveles de grasa y se logra encontrar la mejor alternativa para reducir costos.

Palabras claves: costo, modelo experimental

ABSTRACT

From a business point of view, it is quite simple to reduce the cost of production of an item and produce said item with the least resources possible. This practice does not contemplate how much does reducing cost reduced the quality of the product as well. In this case, the production on brownies will be studied. This dessert needs few ingredients which is why there are few variations that can be made to reduce costs as much as possible without sacrificing a good flavour. An experimental model is used to try to find differences in the people's degree of content towards a more economical brownie all the way though the most expensive recipe. The factors considered are the amount of chocolate and the fat used in the recipe. Interactions between both factors are found and this is considered when doing the data analysis. Differences between the recipes with one of the factors are found and this offers insight for cost reduction.

Key words: Maximize, experimental model

INTRODUCCIÓN

El brownie es considerado un postre clásico de origen estadounidense que tiene gran atractivo en una sociedad latina y más específicamente, una sociedad costarricense, pero tiene una gran fama mundial por su sabor y sus características típicas (Chusán, 2019). Es un postre de fácil preparación por la cantidad de ingredientes que contiene, además, económico, y que ya por sí solo brinda un buen sabor, sin embargo, puede tener distintas combinaciones en su consumo para una mejor experiencia en el deleite de este postre.

Actualmente se encuentran distintas recetas de mezcla de brownie para una rápida y sencilla elaboración en casa del producto con aún menos materiales requeridos para su fin, estas distintas opciones de mezcla que se ofrecen contienen distintas bases entre sí, como por ejemplo el uso de un distinto tipo de cacao según la marca o una determinada cantidad de harina, entre otros productos necesarios, las mezclas de brownies a pesar de tener distintas composiciones cumplen con un mismo objetivo y de manera muy similar degustando a todos los que deleiten el producto final.

Entre los ingredientes de la receta que se pueden variar, está el uso de aceite o mantequilla según el gusto del consumidor, la adición de este ingrediente también varía el costo ya que una barra de mantequilla tiene más costo económico que la cantidad utilizada de aceite por lo que se establece que hay muchas formas de encarecer o abaratar la preparación de brownies también cambiando la cantidad de cocoa utilizada para el postre.

En el siguiente experimento se quiere comparar tres distintas cantidades de cocoa agregada a la receta y dos tipos de grasas utilizadas en la preparación del postre (mantequilla o aceite) obteniendo seis tratamientos.

La funcionalidad de la grasa es dar acortamiento, es decir, genera mejor transferencia de calor, mayor tiempo de almacenamiento, mejor integridad estructural, entre otros. Además, la grasa da riqueza y mejora el sabor, así como la sensación en la boca al comerla (Rodríguez et, 2013).

Para la fabricación de los brownies se utiliza grasa de origen animal como la mantequilla o de origen vegetal como el aceite. Los reposteros con mayor experiencia prefieren el uso de la mantequilla aunque para términos del experimento, implica encarecer los costos, pero da una textura final que puede resultar agradable para el consumidor y dicho esto se va a probar la preferencia por el tipo de grasa en la percepción de la persona. La grasa elegida da una textura más chiclosa o más firme si se trata de aceite vegetal.

El otro factor que no se puede dar por alto, es la cantidad de chocolate utilizada. Dependiendo de la percepción del consumidor, puede tener una mayor preferencia por un brownie con poco chocolate, con una cantidad media de chocolate, o con mucha cocoa. El objetivo es estudiar qué nivel tiene un efecto en relación a la escala de agrado del público meta.

En el experimento se toman en cuenta dos factores que pueden influir en el sabor del brownie, el chocolate y la grasa. La meta es hacer un análisis donde sean tomados en cuenta para buscar un balance entre la receta más económica y la receta que más gusta a los consumidores.

METODOLOGÍA

Se cuenta con la ayuda y orientación de la estudiante de licenciatura en tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica, Sharon Silesky.

En el presente estudio se pretende dar a conocer diferentes combinaciones para encontrar la receta de brownies que posea una calidad aceptable al público con un menor precio de elaboración para el productor.

El experimento se realiza utilizando un horno tradicional, preparando el postre con diferentes cantidades de cocoa y diferente tipo de grasa. Se realizan 6 tratamientos resultantes de la combinación de tres niveles en la cantidad de cocoa y dos niveles para el tipo de grasa.

El estudio es efectuado mediante un diseño experimental de bloques, siendo el bloque cada persona juez de los brownies. La unidad experimental será el brownie y la variable respuesta será la respuesta de la persona en la escala hedónica de 9 puntos.

Escala hedónica (agrado): Como variable respuesta se utilizará una escala hedónica con una traducción adecuada para la población costarricense planteada en la tesis *“Comparación del análisis tradicional de la escala hedónica de 9 puntos, que da resultados sesgados, con un nuevo tipo de análisis basado en la teoría de detección de señales llamado el índice R para ordenamiento”*, propuesto por la estudiante Fiorela Jara Solís. La escala consta de 4 atributos negativos, 4 positivos y uno neutro que se le plantean a la persona para poder conseguir una estimación acertada del agrado hacia la comida que está degustando.

Temperatura: La temperatura puede ser una variable que agregue ruido en el análisis por lo que todos los brownies serán horneados juntos y a una temperatura de 350 C°. La temperatura es influyente ya que afecta la textura y esto puede generar un sesgo en el agrado de los consumidores

Tiempo: El tiempo de horneado también se tomará fijo en exactamente 27 minutos. El tiempo de horneado también puede afectar tanto la textura como el sabor del postre agregando variabilidad si no se tiene fijo para todos los postres.

Los factores de diseño con sus respectivos niveles:

i) Cocoa: La cantidad que se utilice de chocolate es relevante ya que afecta el sabor e intensidad del dulzor del postre.

- media taza
- 1 taza
- 1 taza y media

ii) Grasa: El postre se puede realizar con diferentes tipos de grasa sin variar la receta y estos tienen el potencial de cambiar la textura y el sabor, afectando el nivel de agrado de las personas.

- Mantequilla
- Aceite

A cada uno de los seis tratamientos se le asigna aleatoriamente un número del 1 al 6. Luego se distribuye el orden de degustación de los tratamientos de manera aleatoria para cada juez. Esto quiere decir que cada persona prueba los seis postres en un orden distinto.

El nivel de resolución que se establece gracias a la experta en el tema de las tecnologías de alimentos, Sharon Silesky, es de 2 y se basa en que la percepción del gusto que tienen las personas pueden variar mucho de una persona a otra. De manera que se pueda conocer la cantidad de chocolate y la grasa determinada para obtener mayor preferencia a un menor costo, ya que una diferencia considerable podría generar pérdidas relevantes para la vendedora o el vendedor.

Los brownies son horneados con los siguientes ingredientes:

- 2¼ de taza de azúcar

- 4 huevos
- 1 cucharadita de polvo de hornear
- 1½ taza de harina

Para poder controlar la cantidad de la mezcla base para los seis tratamientos, se procede a crear una mezcla con los ingredientes fijos recién mencionados, de manera que al tener una base lo suficientemente grande, se separa en dos partes iguales, obteniendo así dos partes de 330g cada una y agregando a una de estas partes la mantequilla y a la otra parte el aceite, después de revueltos estos ingredientes, se separan cada una de las dos partes en otras tres partes más de mismo peso (110g cada una) de modo que a cada una se le suministra un nivel distinto de chocolate de los 3 que se estudian. Para un resultado final del postre, se hornean las 6 mezclas durante 27 minutos a una temperatura de 350 C°. Al estar listo se separan por tratamiento asignándoles un código.

Primeramente se realiza una prueba piloto, se obtienen 36 observaciones de una participación de 6 personas que consumen los 6 tratamientos de los brownies. Con una prueba de potencia analizada por medio del software R versión 3.6.1 (RStudio Team, 2019), con la función “power.anova.test” se determina que se llega al 0.95 con 17 personas (bloques), sin embargo por la naturaleza de la respuesta y con ayuda de la experta se decide doblar esa cantidad.

Para la recolección de datos se asigna un orden aleatorio a los brownies para cada persona. El individuo prueba el postre y se le muestra en una tabla visual la escala hedónica de 9 puntos. Se le pide que escoja cuál opción se acerca más a su opinión y percepción de la muestra de brownie. El Individuo responde y se apunta la respuesta dada por la persona. Posteriormente se le invita al participante a tomar agua y galleta soda para limpiar su paladar para evitar que la persona tenga un sabor residual en la boca y esto influya a la respuesta de las demás degustaciones.

Una vez recolectados los datos se analizan en la misma versión de R utilizada para la prueba de potencia. Se utiliza la librería *car* (Fox and Weisberg, 2011) y *lattice* (Sarkar, 2008), con funciones de uso común.

Para el análisis de los datos se utiliza un modelo de diseño experimental de una vía definido por:

$$\mu_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta + (\alpha\beta)_{ij}$$

donde :

μ = media general

α_i = efecto de nivel de chocolate

i = bajo, medio, mucho

β_j = efecto de tipo de grasa

j = mantequilla, aceite

δ = efecto de bloque

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción entre chocolate y grasa

con las restricciones :

$$\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 0$$

$$\sum_{j=1}^2 \beta_j = 0$$

$$\sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^3 (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

Una vez definido el modelo matemático, en el software por medio de la función *lm* se plantea el modelo inicial de manera que contempla todas la características de los coeficientes descritos, posteriormente se verifica el supuesto de normalidad de los datos generando un *qqPlot* de los residuales del modelo planteado con la intención de simplificar el análisis ya que la distribución de los errores para cada valor X_i sigue una distribución normal con valor esperado de la distribución condicional igual a 0 (Wackerly, Mendenhall, Scheaffer, 2010) , no se realiza ninguna transformación a la variable respuesta ni se aplica *mínimos cuadrados ponderados*, y la homoscedasticidad se verifica por medio de una prueba formal de *bartlett.test*, la cual pertenece a la librería *lmtest* en búsqueda de que se cumpla es supuesto de homoscedasticidad que implica que la variancia de los errores para cada valor X_i sea constante (Kutner et al., 2005). Seguidamente la prueba de no interacción entre los factores presentes en el diseño se realiza con un análisis de varianza de la función *anova* ya que brinda el valor de F relacionado a la interacción, con lo que se decide si se rechaza o no la hipótesis nula, que para dicha prueba la hipótesis nula sería $(\alpha\beta)_{ij} = 0$, es decir, que el efecto de la grasa es el mismo para todos los niveles de cocoa.

Es importante notar que, adicionalmente, al ser un diseño de bloques, uno de los supuestos del modelo es que no hay interacción entre el bloque y los factores de diseño.

Se realiza una prueba para comparar por pares de medias los tratamientos entre sí, se obtienen las medias de cada tratamiento por medio de un *tapply* y la comparación se vuelve a realizar fijando los niveles de uno de los factores y determinar si existen diferencias relevantes en algún tratamiento, el factor que se fijó fue la grasa, entonces para el tipo de grasa mantequilla, se varían los tres niveles de chocolate, haciendo la comparación entre esos niveles de cocoa cuando se utiliza la grasa mantequilla obteniendo un total de 3 comparaciones, lo mismo ocurre para la grasa aceite, con esas diferencias por pares significativas se cuantifican los resultados con la función *qt* para realizar por último los límites inferiores de esas diferencias que resultan significativas, tomando en cuenta el uso de la *corrección de Bonferroni*.

RESULTADOS

Se comienza con verificar el supuesto de normalidad, y el de homoscedasticidad. Se observa que el supuesto de normalidad si se cumple ya que al realizar un qqPlot de los residuales del modelo. Las observaciones se encuentran alrededor de la recta de la línea de regresión y no sobrepasan los límites de confianza, por lo que se asume que provienen de distribución normal observando la Figura N°1.

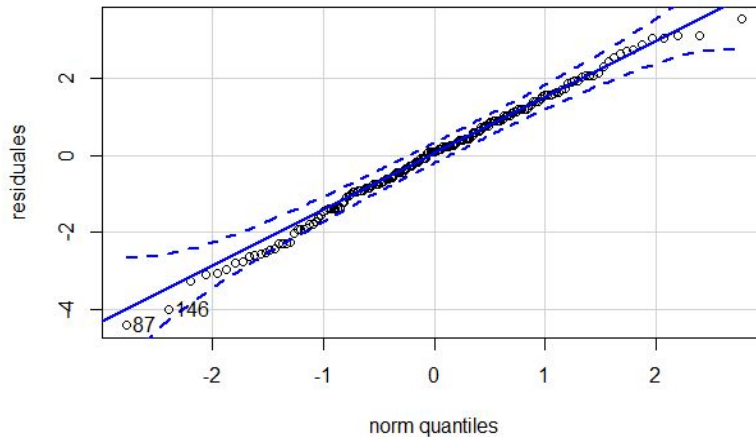


Figura N° 1. *Gráfico de Residuales*

Para probar homoscedasticidad se hizo una prueba formal de Bartlett comparada con una significancia de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula de que la varianza es constante con una probabilidad asociada de 0.90 por lo que se asume que se cumple el supuesto. En la Figura N°2 se puede ver la variabilidad de los datos en cada tipo de chocolate, cada tipo de grasa.

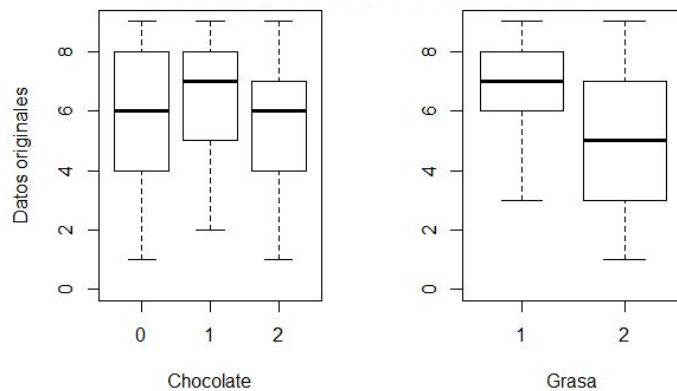


Figura N°2. *Escala de gusto por factor con los datos originales*

En la Figura N°3 al centrar los datos se elimina el efecto del bloque y se observa como la variabilidad disminuye para ambos casos.

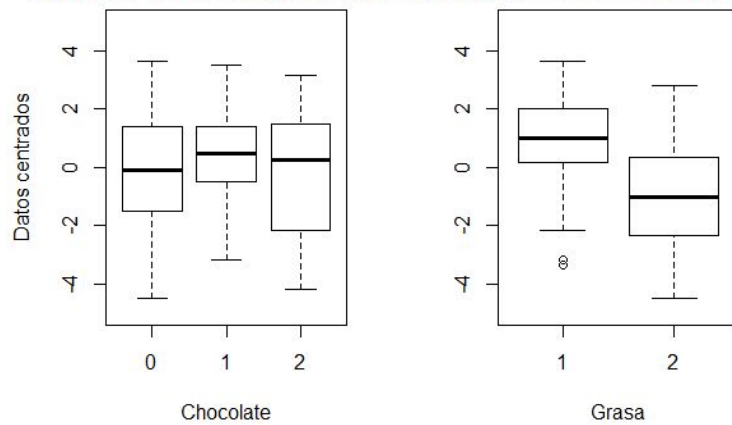


Figura N°3. Escala de gusto por factor una vez eliminado el efecto de los bloques(centrados)

Al cumplirse los supuestos antes mencionados, se procedió a realizar el análisis de varianza del modelo con interacción para verificar si esta existe entre el nivel de chocolate y el tipo de grasa con una probabilidad asociada de 0.02, se rechaza la hipótesis nula de no interacción entre chocolate y grasa, por lo que se utilizó un modelo balanceado para el siguiente análisis. La interacción se puede visualizar en la Figura N°4

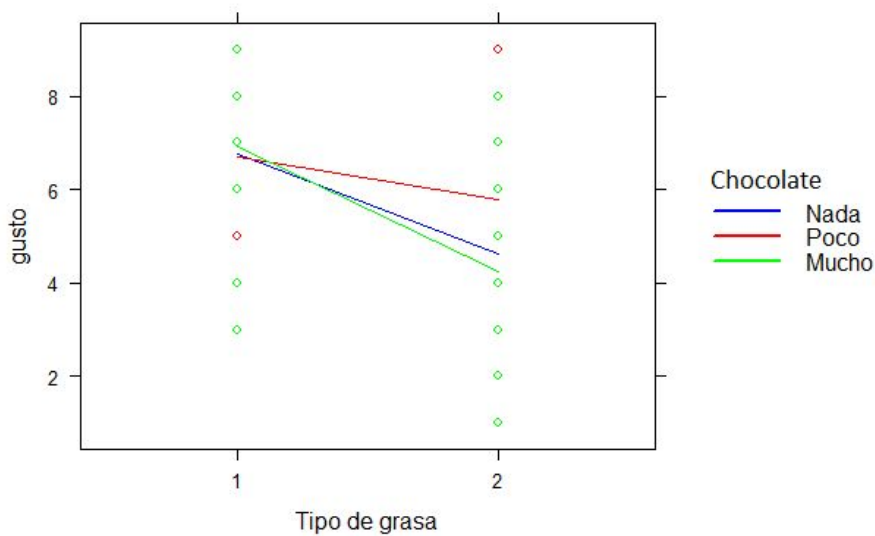


Figura N°4. Dos factores que interactúan.

Con el mismo análisis de varianza se encontró una probabilidad asociada de 0.08 no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias en el factor chocolate, y para el factor grasa se obtiene una probabilidad asociada menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias. Las medias por factor se encuentran en la siguiente tabla.

Nivel de grasa			
Nivel de cocoa		Mantequilla	Aceite
	Media taza	6.76	4.63
	Una taza	6.70	5.80
	Una taza y media	6.93	4.23

Tabla N°1. *Medias de la escala de gusto por tratamiento*

Por medio de diferencias de medias se realizaron comparaciones entre las tres medias de cocoa para cada tipo de grasa para poder cuantificar las diferencias y analizar si estas son significativas. Una vez realizados los contrastes se procedió a calcular la probabilidad de obtener un valor igual o mayor al estadístico, usando la distribución t, comparando la probabilidad contra una significancia de 0.008 obtenida de la corrección de Bonferroni ya que los contrastes no son ortogonales, obteniendo como resultado 2 comparaciones significativas, para las cuales se calcula los límites inferiores de confianza, con el fin de averiguar cuál de ellos contiene una diferencia relevante.

Se obtuvo un límite inferior para aceite con poca cocoa y aceite con cocoa media, para el cual se encuentra una diferencia de 0.29 puntos en la escala. De igual manera para la diferencia entre aceite con mucha cocoa y aceite con cocoa media se obtuvo una diferencia de 0.69 puntos.

Para la recolección de datos final se cuenta con un total de 180 observaciones, utilizando 30 personas como bloques, contando con una potencia de la prueba final de 0.99 y se tiene una probabilidad de 0.01 de no encontrar diferencias aunque sí existan.

CONCLUSIONES

El análisis muestra que para todos los niveles de chocolate manteniendo constante la grasa en el nivel de mantequilla no se encuentran diferencias. Las únicas diferencias de medias significativas que se logran observar son entre los brownies hechos con aceite en los niveles de cocoa medio contra mucho y medio contra poco.

Al observar las medias en sí, se observa como las medias de aceite son menores que las de mantequilla como se ve en la Tabla N°1. Las diferencias encontradas respaldan la hipótesis de que hay interacción entre cocoa y grasa ya que el efecto de la cocoa parece ser nulo en el nivel de mantequilla pero sí se encuentran diferencias en el nivel de aceite.

Observado los brownies en los que sí se detectan diferencias con un delta de 2 no se puede afirmar que estas sean relevantes. Sin embargo nos da información valiosa como que en general las personas prefieren el brownie con aceite y cocoa media mucho más que con poca cocoa o mucha. Los datos indican que no se puede concluir cuál es el mejor brownie pero sí se puede ver fácilmente que los menos gustados son los de aceite con poca y mucha cocoa.

Para efectos administrativos en función de reducir costos de producción se puede ver que el aceite es la grasa que menos agrada a las personas. Esto es desafortunado pues es la opción más económica. A la hora de evaluar el factor de chocolate, tomando en cuenta que la mantequilla es la mejor opción en cuanto a sabor se ve que el efecto es el mismo en los tres niveles de cocoa, con respecto al agrado, por lo que se puede optar por usar poca cocoa. La opción de utilizar menos

chocolate sí ayuda a disminuir costo e inversión sin sacrificar la calidad del producto final lo cual indica que el objetivo del estudio se ha logrado.

BIBLIOGRAFÍA

Fox, John and Weisberg, Sanford (2011). *An {R} Companion to Applied Regression*, Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage . URL: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>

Jara Solís, Florela. (2018). *Comparación del análisis tradicional de la escala hedónica de 9 puntos, que da resultados sesgados, con un nuevo tipo de análisis basado en la teoría de detección de señales llamado el índice R para ordenamiento* (Tesis de grado). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

Kutner, M., Neter, J., Li, W. and Nachtsheim, C. (2005). *Applied Linear Statistical Models*. 5th ed. New York: McGraw-Hill Irwin.

Rodríguez, J., Laguna, L., Puig, A., Salvador, A., & Hernando, I. (2013). *Effect of fat replacement by inulin on textural and structural properties of short dough biscuits*. Food Bioprocess Technol. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-0919-1>

Sarkar, Deepayan (2008) *Lattice: Multivariate Data Visualization with R*. Springer, New York. ISBN 978-0-387- 75968-5

Valbuena Chusán, Jeniffer Carolina. (2019). *Elaboración de una pre-mezcla para la obtención de brownies mediante microondas a base de polvo de cacao*. (Tesis de grado). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

Wackerly, D., Mendenhall, W. and Scheaffer, R. (2010). *Estadística matemática con aplicaciones*. 7th ed. México: Cengage Learning, pp.563-572.

ANEXOS

Inicialmente se hace la prueba de potencia para la muestra piloto del estudio

```
```{r}
modpiloto=lm(Gusto~Chocolate*Grasa+Bloque)
anova(modpiloto)
cme=anova(modpiloto)[5,3]
cme ##2.94
medias=c(2,3,4,3,2,4)
table(Chocolate,Grasa)
potencia2=power.anova.test(n=16,groups=6,between.var=var(medias),within.var=cme)
potencia2$pow
```
```

Se carga la basa, se trabajan ciertas modificaciones para el analisis

```
```{r}
base=read.csv("Brownies.csv",sep=";")
str(base)
base$chocolate=factor(base$Chocolate)
base$bloque=factor(base$Bloque)
base$grasa=factor(base$Grasa)
base$trat=factor(base$trat)
str(base)
levels(base$Chocolate)=c("bajo","medio","alto")
levels(base$Grasa)=c("Mantequilla","Aceite")
base$gusto=recode(base$Gusto,
"1=9;2=8;3=7;4=6;5=5;6=4;7=3;8=2;9=1")
options(contrasts=c("contr.sum","contr.poly"))
attach(base)
```
```

Se hace un gráfico para ver la variabilidad original en los 2 tratamientos

```
```{r}
boxplot(gusto~chocolate)
boxplot(gusto~grasa)
```

```

Se centran los datos

```
```{r}
mod1=lm(gusto~bloque)
pre=predict(mod1)
g1=gusto-pre
```
```

Se hace un gráfico para ver la variabilidad centrada en los 2 tratamientos

```
```{r}
boxplot(g1~chocolate)
boxplot(g1~grasa)
```
```

Una vez listas las modificaciones, se procede a ejecutar el modelo

```
```{r}
mod2=lm(gusto~chocolate*grasa+bloque)
```
```

Prueba de normalidad

```
```{r}
shapiro.test()
residuales=mod2$res
qqPlot(residuales, main="Figura N°1. Análisis de Normalidad")
```
```

Prueba de homoscedasticidad

```
```{r}
bartlett.test(mod2$res~interaction(Chocolate,Grasa))
```
```

Probar hipótesis de no interacción

```
```{r}
mod2$coef[c(1:4,34,35)]
anova(mod2)#se rechaza la hipotesis nula de no
interacción,por lo tanto,si hay
```

```
```
```

```
```{r}
#suma de cuadrados total
SCT=sum(anova(mod2)[,2])
#suma de cuadrados residual
SCRes=anova(mod2)[5,2]
#estimación de la variancia del error
CMRes=anova(mod2)[5,3]#Este valor es una
medida de la variabilidad de la respuesta dentro
de cada tratamiento una vez que se ha
eliminado el efecto del bloque
```

```
```
```

```
```{r}
contrasts(chocolate)
contrasts(grasa)
```
```

Se procede a hacer el contraste de medias, para buscar diferencias por pares de medias y se cuantifican esas diferencias

```
```{r}
m=tapply(gusto,list(chocolate,grasa),mean)
m
table(list(chocolate,grasa))
```
```

```
```{r}
MN=m[1,1]
MP=m[2,1]
MM=m[3,1]
AN=m[1,2]
AP=m[2,2]
AM=m[3,2]
MP.MN=MN-MP
MP.MM=MM-MP
```

```
MN.MM=MM-MN
AN.AP=AP-AN
AM.AP=AP-AM
AM.AN=AN-AM
```

```
d=c(MP.MN,MP.MM,MN.MM,AN.AP,AM.AP,AM.AN)
CMRes
ee=sqrt(2*CMRes/30)
q=d/ee
p=pt(q,145,lower.tail=F)
names(p)=c("MP-MN","MP-MM","MN-MM","AN-AP",
"AM-AP","AM-AN")
round(p,3)
```
```

Figura2

```
```{r}
par(mfrow=c(1,2))
boxplot(gusto~chocolate,
ylim=c(0,9),ylab="Datos
originales",xlab="Chocolate")
boxplot(gusto~grasa,ylim=c(0,9),xlab="Grasa")
```
```

Figura3

```
```{r}
par(mfrow=c(1,2))
boxplot(g1~chocolate,ylim=c(-5,5),ylab="Datos
centrados",xlab="Chocolate")
boxplot(g1~grasa,ylim=c(-5,5),xlab="Grasa")
```
```

Figura4

```
```{r}
xyplot(gusto~grasa,groups =
chocolate,type=c("a","p"),main="Figura N°4.
Análisis de interacción", xlab="Tipo de
grasa",lines = TRUE ,
col=c("blue","red","green"),
key=list(space="right",
lines=list(col=c("blue","red","green"),
lty=c(1,1,1), lwd=2),
```

```
text=list(c("Nada","Poco","Mucho"))))
```

```
```\n
```

Por último la prueba de potencia para el estudio realizado

```
```\n{r}\n
```

```
cme=anova(mod2)[5,3] ##cme=3.114475
```

```
medias=c(2,3,3,2,4,4)
```

```
potencia2=power.anova.test(n=30,groups=6,between.var=var(medias),within.var=cme)
```

```
potencia2$pow
```

```
```\n
```