

# Lección 9

## Descripción de datos ordinales

Los datos ordinales son parecidos a los cualitativos, en el sentido de que son cualidades de objetos o individuos. Su diferencia con los datos cualitativos está en que las características que expresan los datos ordinales tienen un orden natural que permite *acumular* observaciones, es decir, contar cuántas hay por debajo de cada nivel. Un caso frecuente son las escalas tipo *Likert*, que se usan para conocer la opinión de un grupo de personas sobre un tema determinado.<sup>1</sup>

### 9.1. Frecuencias para datos ordinales

Cuando trabajamos con datos ordinales, el orden de los niveles de los datos permite calcular no sólo las frecuencias absolutas y relativas que veíamos en la lección anterior, y que para variables ordinales se definen del mismo modo, sino también frecuencias *acumuladas*. Es decir, no sólo podemos contar cuántas veces hemos observado un cierto dato, sino también cuántas veces hemos observado un dato menor o igual que él.

**Ejemplo 9.1.** Tenemos una muestra de 20 estudiantes de quienes sabemos la calificación que han sacado en un examen. Clasificamos estas calificaciones en Suspenso (*S*), Aprobado (*A*), Notable (*N*) y Sobresaliente (*E*) y consideramos su orden natural  $S < A < N < E$ . Las calificaciones que han obtenido son las siguientes:

*A, A, N, S, S, A, N, E, A, A, S, S, S, A, E, N, N, E, S, A.*

En esta lista hay 6 *S*, 7 *A*, 4 *N* y 3 *E*: éstas serían las frecuencias absolutas de las calificaciones en esta muestra de estudiantes. Por lo que se refiere a sus *frecuencias absolutas acumuladas*:

- Hay 6 estudiantes que han obtenido *S* o menos: la frecuencia absoluta acumulada de *S* es 6.
- Hay 13 estudiantes que han obtenido *A* o menos (6 *S* y 7 *A*): la frecuencia absoluta acumulada de *A* es 13.
- Hay 17 estudiantes que han obtenido *N* o menos (6 *S*, 7 *A* y 4 *N*): la frecuencia absoluta acumulada de *N* es 17.
- Hay 20 estudiantes que han obtenido *E* o menos (todos): la frecuencia absoluta acumulada de *E* es 20.

La *frecuencia relativa acumulada* de cada calificación es la fracción del total de estudiantes que representa su frecuencia absoluta acumulada. Es decir, por ejemplo, la frecuencia relativa acumulada de notables es la proporción de estudiantes que han sacado un notable o menos, y, por lo tanto, es igual a la frecuencia absoluta acumulada de *N* dividida por el número total de

---

<sup>1</sup> Para más información, podéis consultar [http://es.wikipedia.org/wiki/Escalas\\_Likert](http://es.wikipedia.org/wiki/Escalas_Likert).

estudiantes. Así pues, para calcular las frecuencias relativas acumuladas de las calificaciones en esta muestra, tenemos que dividir sus frecuencias absolutas acumuladas entre 20:

$$S : \frac{6}{20} = 0.3, \quad A : \frac{13}{20} = 0.65, \quad N : \frac{17}{20} = 0.85, \quad E : \frac{20}{20} = 1.$$

En general, supongamos que efectuamos  $n$  observaciones

$$x_1, x_2, \dots, x_n$$

de un cierto tipo de datos ordinales, cuyos posibles *niveles* ordenados son

$$l_1 < l_2 < \dots < l_k.$$

Por lo tanto, cada una de estas observaciones  $x_j$  es igual a algún  $l_i$ . Diremos que estas observaciones forman una *variable ordinal*. En el ejemplo anterior, tendríamos que los niveles son

$$S < A < N < E,$$

que  $n = 20$ , y que  $x_1, \dots, x_{20}$  son las calificaciones obtenidas por los estudiantes de la muestra.

Con estas notaciones:

- Las definiciones de *frecuencias absolutas*  $n_j$  y *relativas*  $f_j$ , para cada nivel  $l_j$ , son las mismas que en una variable cualitativa.
- La *frecuencia absoluta acumulada* del nivel  $l_j$  en esta variable ordinal es el número  $N_j$  de observaciones  $x_i$  tales que  $x_i \leq l_j$ . Es decir, es

$$N_j = \sum_{i=1}^j n_i.$$

- La *frecuencia relativa acumulada* del nivel  $l_j$  en esta variable ordinal es la fracción (en tanto por uno)  $F_j$  de observaciones  $x_i$  tales que  $x_i \leq l_j$ . Es decir,

$$F_j = \frac{N_j}{n} = \sum_{i=1}^j f_i.$$

**Ejemplo 9.2.** En un estudio sobre el comportamiento ético de una empresa, a un grupo de técnicos en impacto ambiental que trabajaban en dicha empresa se les hizo la pregunta siguiente:

«¿Crees que tu empresa anima a sus técnicos en impacto ambiental a usar métodos que favorezcan la opinión del cliente que ha encargado el estudio?»

Las posibles respuestas eran las que aparecen en la Tabla 9.1, y forman una escala ordinal de tipo *Likert*, con  $1 < 2 < 3 < 4 < 5$ .

Supongamos que se recogieron las siguientes respuestas de 100 técnicos:

4, 4, 2, 1, 3, 3, 4, 1, 1, 3, 5, 2, 5, 2, 1, 2, 3, 2, 1, 1, 2, 2, 4, 2, 1, 1, 1, 2, 4, 5, 3, 4, 2, 2,  
4, 4, 3, 1, 3, 3, 2, 1, 5, 4, 1, 2, 2, 3, 3, 3, 1, 4, 3, 5, 1, 5, 1, 2, 5, 5, 2, 4, 5, 1, 4, 3, 1,  
1, 4, 3, 3, 4, 4, 1, 2, 1, 3, 4, 1, 4, 2, 2, 4, 1, 3, 5, 3, 3, 3, 2, 2, 3, 3, 3, 2, 4, 1, 1, 4, 3.

Nivel	Significado
1	Muy en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Neutro
4	De acuerdo
5	Muy de acuerdo

Tabla 9.1. Un ejemplo de datos ordinales.

Nivel	$n_i$	$N_i$	$f_i$	$F_i$
1	24	24	0.24	0.24
2	22	46	0.22	0.46
3	24	70	0.24	0.70
4	20	90	0.20	0.90
5	10	100	0.10	1.00
Total	100		1	

Tabla 9.2. Tabla de frecuencias de los datos ordinales del Ejemplo 9.2.

En este caso tenemos 5 niveles ( $k = 5$ ) y 100 observaciones ( $n = 100$ ) que forman una variable ordinal que llamaremos *Encuesta*. La Tabla 9.2 contiene todas las frecuencias, absolutas y relativas, acumuladas o no, de esta variable ordinal. Para construirla, primero hemos calculado las frecuencias absolutas de cada nivel (los  $n_i$ ) y a partir de éstas hemos calculado las demás.

Los gráficos para frecuencias absolutas y relativas de variables ordinales son los mismos que para variables cualitativas: diagramas de barras, diagramas circulares, etc. También podemos utilizar diagramas de barras para describir frecuencias acumuladas: en este caso, la altura de cada barra ha de ser igual a la frecuencia acumulada del nivel correspondiente, y los niveles han de aparecer ordenados de manera ascendente, de manera que las alturas de las barras crezcan de izquierda a derecha. No es conveniente usar diagramas circulares para representar frecuencias acumuladas, porque no representan la información sobre la acumulación de datos de manera fácil de entender a simple vista.

**Ejemplo 9.3.** Continuando con el Ejemplo 9.2, la Figura 9.1 da los diagramas de barras de frecuencias relativas y relativas acumuladas de los resultados de la encuesta. En la próxima sección explicamos cómo los hemos dibujado con R.

## 9.2. Descripción de datos ordinales con R

Recordemos de la Lección 3 que la función `cumsum`, aplicada a un vector, calcula el vector de sus sumas acumuladas. Sobre una tabla de contingencia tiene el mismo efecto, y por lo tanto podemos usarla para calcular la tabla de frecuencias acumuladas (absolutas o relativas) de un vector, aplicándola a su tabla de frecuencias (absolutas o relativas, según corresponda).

**Ejemplo 9.4.** Vamos a calcular y representar en un diagrama de barras las frecuencias acumuladas de la muestra de calificaciones del Ejemplo 9.1. Entraremos dichas calificaciones como un factor ordenado, porque es la manera natural de guardar una variable ordinal en R.

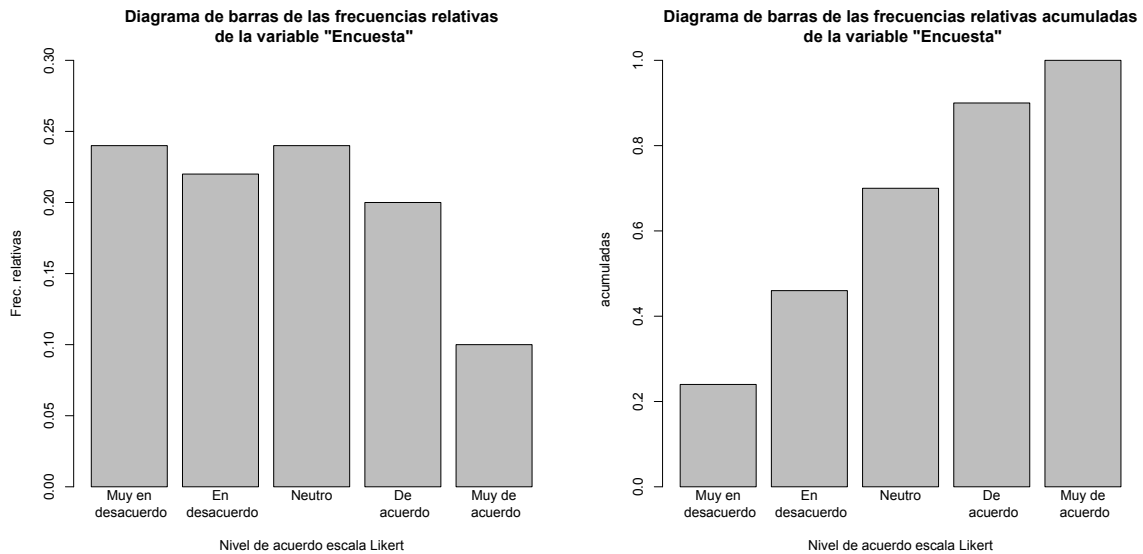


Figura 9.1. Diagramas de barras de frecuencias relativas y relativas acumuladas del Ejemplo 9.2.

```
> notas=ordered(c("A","A","N","S","S","A","N","E","A","A","S","S",
  "S","A","E","N","N","E","S","A"), levels=c("S","A","N","E"))
> notas
[1] A A N S S A N E A A S S S A E N N E S A
Levels: S < A < N < E
> table(notas) #Frec. absolutas
notas
S A N E
6 7 4 3
> cumsum(table(notas)) #Frec. absolutas acumuladas
S A N E
6 13 17 20
> cumsum(prop.table(table(notas))) #Frec. relativas acumuladas
S A N E
0.30 0.65 0.85 1.00
> barplot(table(notas), main="Diagrama de barras de frecuencias absolutas de notas")
> barplot(cumsum(table(notas)), main="Diagrama de barras de frecuencias acumuladas de notas")
```

Las dos últimas instrucciones producen los diagramas de la Figura 9.2.

Para calcular las frecuencias relativas acumuladas hemos usado la instrucción

```
cumsum(prop.table(table(notas))),
```

que va sumando las frecuencias relativas. También las podríamos haber calculado dividiendo las frecuencias absolutas acumuladas por el número de datos, usando una de las instrucciones siguientes:

```
cumsum(table(notas))/length(notas) o cumsum(table(notas)/length(notas)).
```

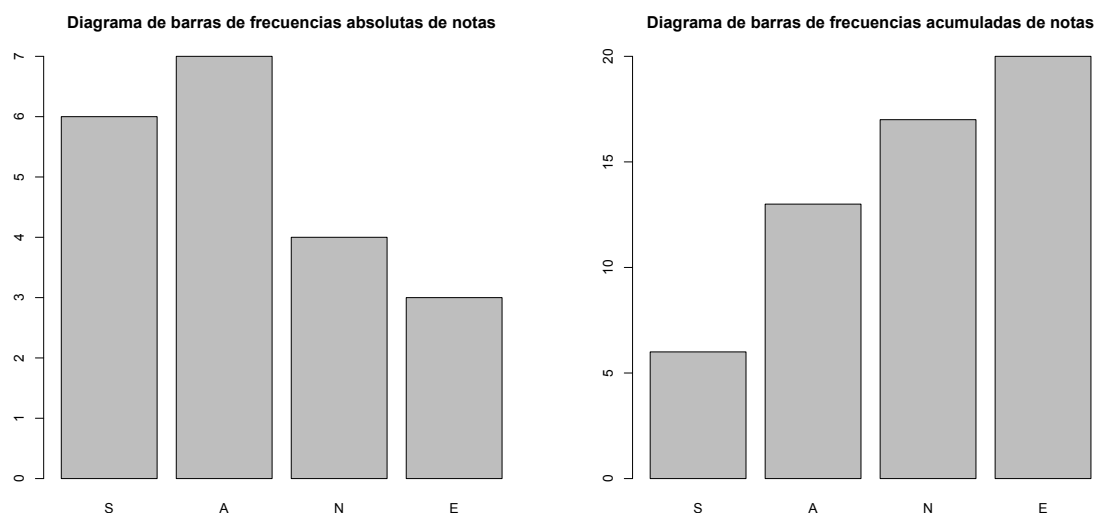


Figura 9.2. Diagramas de barras de frecuencias absolutas y de frecuencias absolutas acumuladas de las notas del Ejemplo 9.1.

Pero no podíamos usar `prop.table(cumsum(table(notas)))`.

```
> cumsum(prop.table(table(notas)))
  S    A    N    E
0.30 0.65 0.85 1.00
> cumsum(table(notas))/length(notas)
  S    A    N    E
0.30 0.65 0.85 1.00
> cumsum(table(notas)/length(notas))
  S    A    N    E
0.30 0.65 0.85 1.00
> prop.table(cumsum(table(notas)))
      S      A      N      E
0.1071429 0.2321429 0.3035714 0.3571429
```

Pensad qué ha entendido R que queríamos hacer con esta última instrucción.

**Ejemplo 9.5.** Los diagramas de barras mostrados en la Figura 9.1 se han obtenido con el código siguiente.

```
> datos=c(4,4,2,1,3,3,4,1,1,3,5,2,5,2,1,2,3,2,1,1,2,2,4,2,1,1,1,
2,4,5,3,4,2,4,4,3,1,3,3,2,1,5,4,1,2,2,3,3,3,1,4,3,5,1,5,1,2,5,5,
2,4,5,1,4,3,1,1,4,3,3,4,4,1,2,1,3,4,1,4,2,2,4,1,3,5,3,3,3,2,2,3,
3,3,2,4,1,1,4,3,2)
> Nombres.compl=c("Muy en\n desacuerdo","En\n desacuerdo",
"Neutro\n ","De\n acuerdo","Muy de\n acuerdo")
> barplot(prop.table(table(datos)), ylim=c(0, 0.30),
main="Diagrama de barras de las frecuencias relativas\n
de la variable \"Encuesta\"", names=Nombres.compl,
xlab="Nivel de acuerdo escala Likert", ylab="Frec. relativas")
> barplot(cumsum(prop.table(table(datos))), ylim=c(0, 1),
```

```
main="Diagrama de barras de las frecuencias relativas acumuladas
\n de la variable \"Encuesta\"", names=Nombres.compl,
xlab="Nivel de acuerdo escala Likert", ylab="Frec. relativas
acumuladas")
```

En los diagramas de barras, hemos representado los niveles con un texto más descriptivo. Para hacerlo, hemos definido una lista `Nombres.compl` con sus nuevos nombres en el orden correspondiente (incluido un salto de línea), y entonces en los `barplot` hemos especificado `names=Nombres.compl`.

**Ejemplo 9.6.** Un microbiólogo ha evaluado la semejanza a una cierta comunidad prototipo de los microbiotas intestinales de 40 individuos con síndrome del colon irritable. Los niveles de semejanza que ha usado son los de la Tabla 9.3, y los considera ordenados de la siguiente manera:

`Tot.difs < Difs < Pars < Muy.pars < Iguales.`

Nivel	Significado
Tot.difs	Totalmente diferentes
Difs	Diferentes
Pars	Parecidas
Muy.pars	Muy parecidas
Iguales	Totalmente iguales

*Tabla 9.3.* Niveles de semejanza de comunidades microbianas.

Los valores obtenidos en el estudio han sido los siguientes:

`Difs, Pars, Difs, Muy.pars, Muy.pars, Muy.pars, Iguales, Pars, Difs, Tot.difs, Muy.pars, Iguales, Muy.pars, Pars, Pars, Muy.pars, Iguales, Difs, Difs, Pars, Muy.pars, Muy.pars, Muy.pars, Difs, Pars, Pars, Iguales, Iguales, Muy.pars, Iguales, Difs, Tot.difs, Pars, Muy.pars, Iguales, Difs, Muy.pars, Muy.pars, Iguales, Tot.difs.`

Para estudiar las frecuencias acumuladas de los niveles de semejanza en este estudio, entraremos los datos en un factor ordenado con los niveles ordenados de manera adecuada.

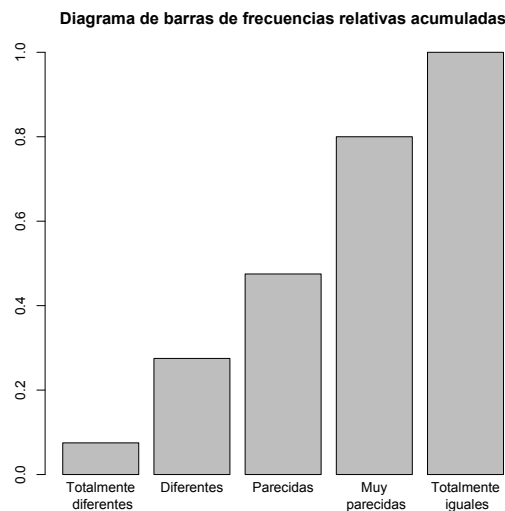
```
> datos=scan(sep=" ", what="character") #Vamos a copiar del texto
y pegar los valores
1: Difs,Pars,Difs,Muy.pars,Muy.pars,Muy.pars,Iguales,Pars,Difs,Tot.
difs,Muy.pars,Iguales,Muy.pars,Pars,Pars,Muy.pars,Iguales,Difs,
Difs,Pars,Muy.pars,Muy.pars,Muy.pars,Difs,Pars,Pars,Iguales,
Iguales,Muy.pars,Iguales,Difs,Tot.difs,Pars,Muy.pars,Iguales,
Difs,Muy.pars,Muy.pars,Iguales,Tot.difs
41:
Read 40 items
> sem.com=ordered(datos, levels=c("Tot.difs","Difs","Pars","Muy.
pars","Iguales")) #Los datos, como factor ordenado
> AbsFr=table(sem.com) #Ponemos nombre a la tabla de frecuencias
absolutas
```

```

> AbsFr
sem.com
Tot.difs      Difs      Pars Muy.pars  Iguales
      3        8        8      13        8
> prop.table(AbsFr) #Tabla de frecuencias relativas
sem.com
Tot.difs      Difs      Pars Muy.pars  Iguales
  0.075    0.200    0.200    0.325    0.200
> cumsum(AbsFr) #Tabla de frecuencias absolutas acumuladas
Tot.difs      Difs      Pars Muy.pars  Iguales
      3      11      19      32      40
> cumsum(prop.table(AbsFr)) #Tabla de frecuencias relativas
acumuladas
Tot.difs      Difs      Pars Muy.pars  Iguales
  0.075    0.275    0.475    0.800    1.000
> Nombres.Completos=c("Totalmente\n diferentes","Diferentes\n",
" Parecidas\n ", "Muy\n parecidas","Totalmente\n iguales")
> barplot(cumsum(prop.table(AbsFr)), names=Nombres.Completos,
main="Diagrama de barras de frecuencias relativas acumuladas")

```

La instrucción `barplot` produce el diagrama de barras de la Figura 9.3.



*Figura 9.3.* Diagrama de barras de frecuencias relativas acumuladas de semejanzas de microbiotas a una comunidad modelo.

Para calcular frecuencias acumuladas en una tabla multidimensional, hay que aplicar a la tabla la función `cumsum` mediante la función `apply` que ya explicábamos para matrices. En este caso concreto, la sintaxis de la instrucción sería

```
apply(tabla, MARGIN=..., FUN=cumsum),
```

donde el valor de `MARGIN` ha de ser el de la dimensión en la que queremos acumular las frecuencias: 1 si queremos calcular las frecuencias acumuladas por filas, 2 si las queremos calcular por columnas, etc. Esta construcción tiene algunas particularidades, que vamos a ilustrar con un ejemplo.

**Ejemplo 9.7.** Supongamos que las 100 respuestas a la encuesta en el Ejemplo 9.2 en realidad provienen de técnicos de tres empresas diferentes, A, B y C, de manera que las 30 primeras son de técnicos de A, las 20 siguientes, de técnicos de B, y las 50 últimas, de técnicos de C. Nos interesa estudiar la distribución de las respuestas según la empresa.

Vamos a organizar estos datos en un *data frame*. Para que sea más fácil visualizar la información que nos interesa, es conveniente que las filas de las tablas de frecuencias correspondan a las empresas. Por lo tanto, al definir el *data frame*, entraremos como primera variable la de las empresas; de esta manera, éstas aparecerán en las filas al aplicarle la función `table`.

```
> respuestas=ordered(c(4,4,2,1,3,3,4,1,1,3,5,2,5,2,1,2,3,2,1,1,2,
  2,4,2,1,1,1,2,4,5,3,4,2,4,4,3,1,3,3,2,1,5,4,1,2,2,3,3,3,1,4,3,5,
  1,5,1,2,5,5,2,4,5,1,4,3,1,1,4,3,3,4,4,1,2,1,3,4,1,4,2,2,4,1,3,5,
  3,3,3,2,2,3,3,3,2,4,1,1,4,3,2), levels=1:5)
> empresas=rep(c("A","B","C"), c(30,20,50))
> df_encuesta=data.frame(empresas,respuestas)
> str(df_encuesta)
'data.frame': 100 obs. of 2 variables:
 $ empresas : Factor w/ 3 levels "A","B","C": 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
 ...
 $ respuestas: Ord.factor w/ 5 levels "1"<"2"<"3"<"4"<...: 4 4 2 1 3
 3 4 1 1 3 ...
> head(df_encuesta,5)
  empresas respuestas
1         A          4
2         A          4
3         A          2
4         A          1
5         A          3
> table(df_encuesta)
      respuestas
empresas  1  2  3  4  5
      A   9  9  4  5  3
      B   4  4  7  4  1
      C  11  9 13 11  6
```

Para calcular la tabla de frecuencias absolutas acumuladas de las respuestas por empresa, y como las empresas definen las filas de la tabla anterior, hemos de usar `apply` con `MARGIN=1`.

```
> apply(table(df_encuesta), MARGIN=1, FUN=cumsum)
      empresas
      A  B  C
1    9  4 11
2   18  8 20
3   22 15 33
4   27 19 44
5   30 20 50
```

¡La tabla se ha traspuesto! Resulta que cuando se aplica `apply` a una `table` bidimensional, R intercambia, si es necesario, filas por columnas en el resultado para que la dimensión de la tabla resultante en la que se haya aplicado la función sea la de las columnas. Por lo tanto, para volver a tener las empresas en las filas, hemos de trasponer el resultado de `apply`.



```
> t(apply(table(df_encuesta), MARGIN=1, FUN=cumsum))
```

```
empresas  1  2  3  4  5
      A   9 18 22 27 30
      B   4  8 15 19 20
      C  11 20 33 44 50
```

Vamos ahora a calcular la tabla de frecuencias relativas acumuladas de las respuestas por empresa. Para ello, y en una sola instrucción, primero calculamos la tabla de frecuencias relativas por filas, a continuación las acumulamos por filas con `apply` y `cumsum`, y finalmente, ahora que ya estamos avisados, trasponemos el resultado

```
> t(apply(prop.table(table(df_encuesta), margin=1), MARGIN=1,
      FUN=cumsum))
```

```
empresas    1    2    3    4  5
      A 0.30 0.6 0.7333333 0.90 1
      B 0.20 0.4 0.7500000 0.95 1
      C 0.22 0.4 0.6600000 0.88 1
```

Vamos ahora a dibujar el diagrama de barras por bloques de esta tabla. Como queremos que las barras de este diagrama se agrupen por empresas, hemos de aplicar `barplot` a la tabla sin trasponer.

```
> Tabla=apply(prop.table(table(df_encuesta), margin=1), MARGIN=1,
              FUN=cumsum)
> barplot(Tabla, beside=TRUE, legend=TRUE,
           main="Diagrama de barras de frecuencias relativas acumuladas\n
             de respuestas por empresa")
```

De esta manera obtenemos el diagrama de barras de la izquierda de la Figura 9.4. Como vemos, la leyenda se superpone sobre las barras de la última empresa. Para resolver este problema, vamos a situar la leyenda arriba a la izquierda. Además, vamos a substituir en la leyenda los valores de las respuestas por sus significados, y para que quepa, reduciremos el tamaño del texto. El resultado será el diagrama de la derecha de la Figura 9.5.

```
> barplot(Tabla, beside=TRUE, legend.text=c("Muy en desacuerdo",
      "En desacuerdo", "Neutro", "De acuerdo", "Muy de acuerdo"),
           main="Diagrama de barras de frecuencias relativas acumuladas\n
             de respuestas por empresa",
           args.legend=list(x="topleft", cex=0.55))
```

**Ejemplo 9.8.** Consideremos el *data frame* `InsectSprays`, que viene predefinido en R. Veamos su estructura.

```
> head(InsectSprays)
  count spray
1     10    A
2      7    A
3     20    A
```

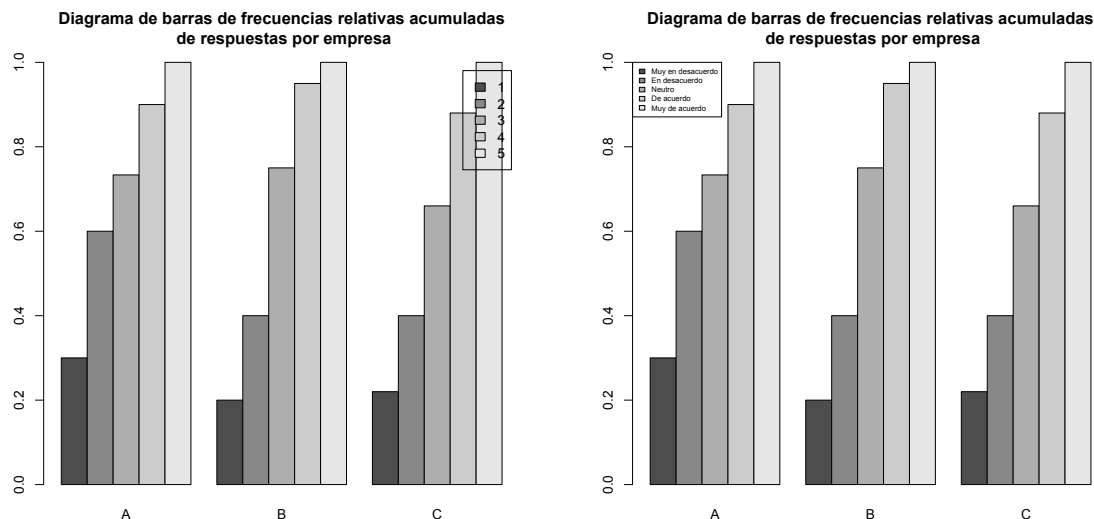


Figura 9.4. Diagramas de barras bidimensional de frecuencias relativas acumuladas de respuestas por empresa en el Ejemplo 9.7.

```
4    14    A
5    14    A
6    12    A
> str(InsectSprays)
'data.frame': 72 obs. of  2 variables:
 $ count: num  10 7 20 14 14 12 10 23 17 20 ...
 $ spray: Factor w/ 6 levels "A","B","C","D",...: 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 ...
> table(InsectSprays$count)

 0  1  2  3  4  5  6  7  9 10 11 12 13 14 15 16 17 19 20 21
 2  6  4  8  4  7  3  3  1  3  3  2  4  4  2  2  4  1  2  2
22 23 24 26
 1  1  1  2
> help(InsectSprays)
```

Con el `help(InsectSprays)` nos enteramos de que la variable numérica `count` contiene los números de insectos que se encontraron en diferentes superficies agrícolas, todas de la misma área, tratadas con el insecticida dado por el factor `spray`.

Vamos a convertir la variable `count` en una variable ordinal que agrupe las entradas de la variable original en niveles

«Entre 0 y 4», «Entre 5 y 9», «Entre 10 y 14», «Entre 15 y 19» y «20 o más».

La manera más sencilla de llevarlo a cabo es usando la función `cut`, que estudiaremos en detalle en la Lección 11. Por ahora es suficiente saber que la instrucción

```
> cut(InsectSprays$count, breaks=c(0,5,10,15,20,Inf), right=FALSE,
      labels=c("0-4", "5-9", "10-14", "15-19", "20-..."))
```

«cortará» el vector numérico `InsectSprays$count` en intervalos de extremos los puntos especificados en el argumento `breaks`: el parámetro `right=FALSE` sirve para indicar que los puntos de corte pertenecen al intervalo a su derecha, e `Inf` indica  $\infty$ . Por tanto, los intervalos en los que esta instrucción agrupa los números de insectos son

$$[0, 5), [5, 10), [10, 15), [15, 20), [20, \infty).$$

El resultado de la instrucción es un factor que tiene como niveles estos intervalos, identificados con las etiquetas especificadas en el parámetro `labels`. Como nosotros vamos a usar estos intervalos como niveles de una variable ordinal, además convertiremos este factor en ordenado.

Los cambios lo realizaremos en una copia de `InsectSprays`.

```
> IS=InsectSprays
> IS$count.rank=ordered(cut(InsectSprays$count,
  breaks=c(0,5,10,15,20,Inf), right=FALSE,
  labels=c("0-4", "5-9", "10-14", "15-19", "20-...")))
> str(IS)
'data.frame': 72 obs. of 3 variables:
 $ count      : num  10 7 20 14 14 12 10 23 17 20 ...
 $ spray      : Factor w/ 6 levels "A","B","C","D",...: 1 1 1 1 1 1 1 1
 1 1 1 ...
 $ count.rank: Ord.factor w/ 5 levels "0-4"<"5-9"<"10-14"<...: 3 2 5
 3 3 3 3 5 4 5 ...
```

Nos interesa estudiar la distribución de los números de insectos según el tipo de insecticida. Por lo tanto, vamos a calcular las tablas bidimensionales de frecuencias relativas y relativas acumuladas de los intervalos de números de insectos en cada nivel de `Spray`, y las representaremos por medio de diagramas de barras.

La tabla de frecuencias absolutas de los pares (insecticida, intervalo de números de insectos) se puede obtener aplicando `table` al *data frame* formado por las dos últimas columnas de `IS`.

```
> Tab=table(IS[,2:3])
> Tab
      count.rank
spray 0-4 5-9 10-14 15-19 20-...
  A    0    1     7     1     3
  B    0    1     4     5     2
  C   11    1     0     0     0
  D    5    6     1     0     0
  E    8    4     0     0     0
  F    0    1     4     3     4
> Freq.rel=round(prop.table(Tab, margin=1), 3) #Frecuencias
relativas por Spray
> Freq.rel
      count.rank
spray  0-4   5-9 10-14 15-19 20-...
  A 0.000 0.083 0.583 0.083 0.250
  B 0.000 0.083 0.333 0.417 0.167
  C 0.917 0.083 0.000 0.000 0.000
  D 0.417 0.500 0.083 0.000 0.000
  E 0.667 0.333 0.000 0.000 0.000
```

```

      F 0.000 0.083 0.333 0.250 0.333
> Freq.rel.acum=round(apply(prop.table(Tab, margin=1), MARGIN=1,
  FUN=cumsum), 3) #Frecuencias relativas acumuladas
> Freq.rel.acum
      spray
      A      B      C      D      E      F
0-4      0.000 0.000 0.917 0.417 0.667 0.000
5-9      0.083 0.083 1.000 0.917 1.000 0.083
10-14     0.667 0.417 1.000 1.000 1.000 0.417
15-19     0.750 0.833 1.000 1.000 1.000 0.667
20-...    1.000 1.000 1.000 1.000 1.000 1.000
> t(Freq.rel.acum)

spray    0-4    5-9 10-14 15-19 20-...
  A 0.000 0.083 0.667 0.750      1
  B 0.000 0.083 0.417 0.833      1
  C 0.917 1.000 1.000 1.000      1
  D 0.417 0.917 1.000 1.000      1
  E 0.667 1.000 1.000 1.000      1
  F 0.000 0.083 0.417 0.667      1
> cyan.col=c("cyan4","cyan3","cyan2","cyan1","cyan") #Colores
  azules para las barras
> barplot(t(Freq.rel), beside=TRUE, legend=TRUE, ylim=c(0,1), col=
  cyan.col, main="Diagrama de barras de frecuencias relativas\n de
  números de insectos por insecticida")
> barplot(Freq.rel.acum, beside=TRUE, legend=TRUE,col=cyan.col,
  main="Diagrama de barras de frecuencias relativas acumuladas\n
  de números de insectos por insecticida", args.legend = list(x="
  topleft",cex=0.8))

```

Las dos últimas instrucciones producen los diagramas de barras de la Figura 9.5. Observamos que los insecticidas C, D y E son los más efectivos, porque producen mayores números de campos con pocos insectos, mientras que B y F son poco efectivos.

### 9.3. Guía rápida

- `ordered` sirve para construir factores ordenados. Sus parámetros principales se pueden consultar en la guía de la Lección 3.
- `table` calcula la tabla de frecuencias absolutas de un vector o un factor.
- `t` sirve para trasponer una tabla bidimensional.
- `prop.table` calcula la tabla de frecuencias relativas de un vector o un factor a partir de su tabla de frecuencias absolutas. Sus parámetros principales se pueden consultar en la guía de la Lección 8.
- `cumsum` calcula las sumas acumuladas de un vector.

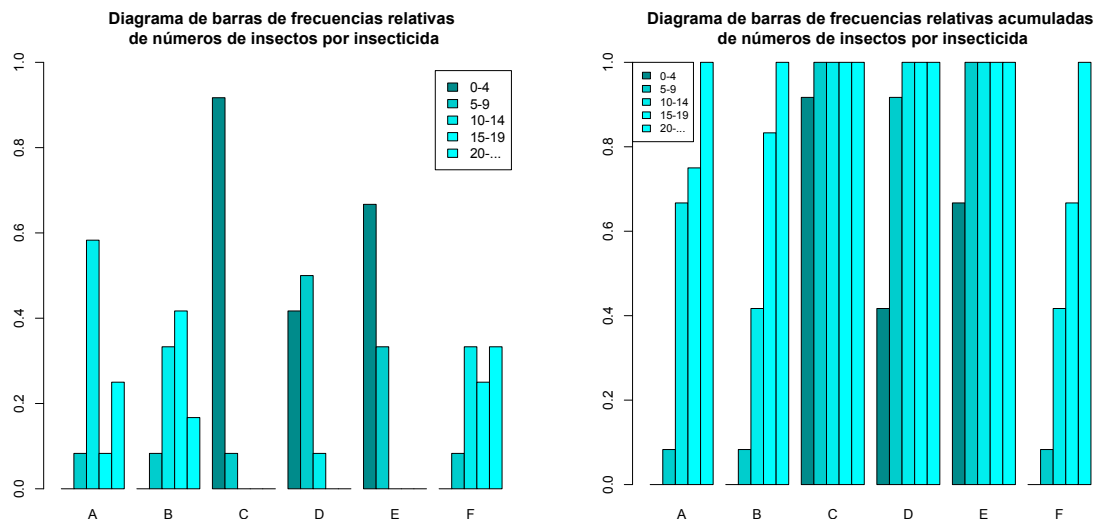


Figura 9.5. Diagramas de barras de frecuencias relativas y relativas acumuladas de números de insectos por tipo de insecticida en el *data frame* *InsectSprays*.

- `apply(tabla, MARGIN=..., FUN=función)` aplica la *función* a los niveles de las variables de la *tabla* que se especifican en *MARGIN*. Para calcular frecuencias acumuladas en tablas multidimensionales, se usa *FUN=cumsum*.
- `barplot` dibuja el diagrama de barras de un vector o un factor a partir de una tabla de frecuencias. Sus parámetros principales se pueden consultar en la guía de la Lección 8.

## 9.4. Ejercicio

La tabla de datos <https://dl.dropboxusercontent.com/u/72911936/Notas2011A.txt> contiene las notas obtenidas por los estudiantes de los grados de Biología y Bioquímica de la UIB en un examen de la asignatura *Matemáticas I* del curso 2011-12 (no aparecen los no presentados). Las variables que contiene la tabla para cada estudiante son: su nota numérica (sobre 10), su calificación alfabética (*S* significa Suspenso, *A*, Aprobado, *N*, Notable, y *E*, Sobresaliente) y su grupo (*BLM* para el grupo de las mañanas de Biología, *BLT* para el grupo de las tardes de Biología, y *BQ* para Bioquímica).

- Definid un *data frame* con esta tabla, de manera que su variable *NotasLetra* sea un factor ordenado, con las calificaciones alfabéticas ordenadas según su orden natural  $S < A < N < E$ . Comprobad con `str` y `head` que el *data frame* obtenido tiene la estructura deseada.
- Calculad la tabla bidimensional de frecuencias relativas de las calificaciones alfabéticas por grupo, con las frecuencias relativas calculadas dentro de los grupos. Redondead a 2 cifras decimales. Los grupos tienen que ser las filas, y las notas, las columnas.
- Calculad la tabla bidimensional de frecuencias relativas acumuladas de las calificaciones alfabéticas por grupo, con las frecuencias relativas calculadas dentro de los grupos. Redondead a 2 cifras decimales. Los grupos tienen que ser las filas, y las notas, las columnas.

- (d) Dibujad un diagrama de barras por bloques de las frecuencias relativas de las calificaciones alfabéticas dentro de cada grupo: los bloques han de corresponder a los grupos. Poned un título al gráfico y añadid una leyenda que explique cada barra qué calificación representa. Podéis poner colores, cambiar los nombres, etc. para mejorar su comprensión.
- (e) Dibujad un diagrama de barras por bloques de las frecuencias relativas acumuladas de las calificaciones alfabéticas dentro de cada grupo: los bloques han de corresponder a los grupos. Como antes, poned un título al gráfico y añadid una leyenda que explique cada barra qué calificación representa. Podéis poner colores, cambiar los nombres, etc. para mejorar su comprensión.
- (f) ¿Podéis extraer alguna conclusión de las tablas y los gráficos anteriores?