

Capítulo 7

Desarrollos: segunda parte

Como comentamos en el capítulo anterior, la idea de definir algunos criterios de evaluación de la calidad del ajuste logrado mediante una estrategia de diseño cobra sentido cuando se los compara con otros ajustes provenientes de distintos diseños. Estableciendo los objetivos que corresponda, será entonces posible contar con un criterio razonablemente objetivo para poder detectar qué configuraciones son las que mejor se aproximan al objetivo. Dependiendo también de otros aspectos —como por ejemplo, tamaño de las muestras— podrá decirse finalmente que se cuenta con cierta evidencia como para preferir ciertos modelos y no otros. Nos proponemos en éste y en los dos capítulos que siguen, ir extendiendo los alcances de nuestro estudio incorporando nuevas variables de estudio y asignándole niveles a cada una de ellas, de tal modo que en el capítulo que siga a estos tres, ya tendremos más elementos como para ensayar una comparativa global de las distintas estrategias seguidas y su valoración en términos del objetivo de nuestro estudio.

7.1. Introducción

En el **Capítulo 6**, vimos una mecánica propuesta de ajuste de modelos logísticos para un conjunto de 3 diseños, en los cuales se utilizó el presupuesto-objetivo que se había previsto: 15 puntos de diseño, los que pueden traducirse ya sea como 1500 puntos generados aleatoriamente del tipo “éxito-fracaso” o bien como 15 puntos del tipo proporciones. Este proceso de generación de puntos dio lugar a un *cuadro de puntos*¹. En este capítulo, pues, comenzaremos considerando la misma superficie teórica que en el capítulo anterior —es decir, tomaremos el mismo valor de β que seleccionamos de los 60 posibles modelos de la matriz M7— para luego extender nuestro estudio a la generación aleatoria de 15 cuadros de puntos (ver figura 7.1).

¹Naturalmente, esta denominación es muy mejorable.

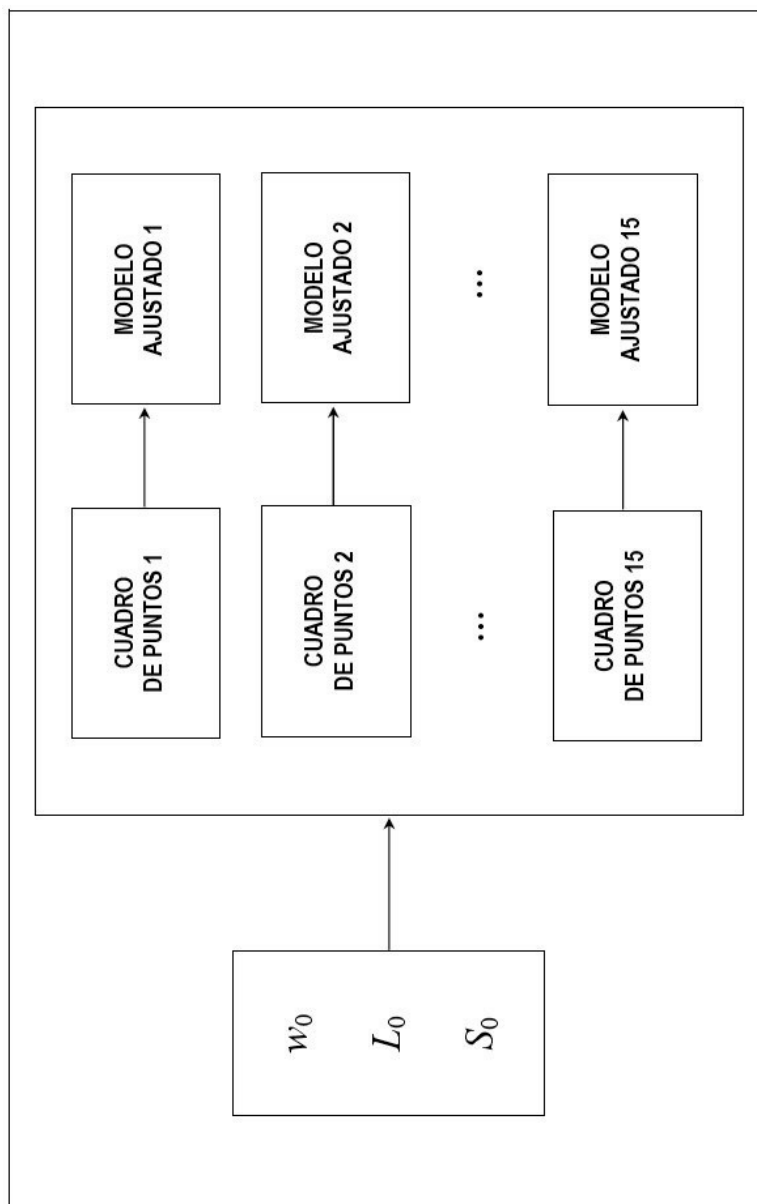


Figura 7.1: Esquema inicial de la extensión de estudio a 15 cuadros de puntos para un valor fijo de la terna de variables de estudio w_0 , L_0 y S_0 .

Todas las instrucciones en **R** que nos han permitido sistematizar estos cálculos, como así también los que nos han servido para generar los gráficos, aparecen en los programas de la serie **CRJER** —ver **Apéndice C**— los cuales toman los mismos valores de w , L y S que en el caso del capítulo anterior. A efectos prácticos, presentaremos solamente los resultados obtenidos más relevantes; los detalles de los comandos utilizados podrán verse en el mismo apéndice mencionado.

La mecánica de generación de cada uno de los 15 cuadros de puntos² parte de la generación aleatoria de éxitos mediante la función `rbinom()` que trae incorporada **R**. Todos los primeros diseños partirán del mismo centro —definido sobre la base del parámetro w — y tendrán el mismo valor de L y S mientras no se indique lo contrario. Pondremos énfasis en llegar a los correspondientes 15 modelos ajustados, con los cuales evaluaremos al final de los ajustes los dos criterios que definimos en el **Capítulo 5**. Con esta evaluación, haremos unas primeras observaciones sobre el comportamiento de cada uno de los cuadros de puntos desde estos puntos de vista.

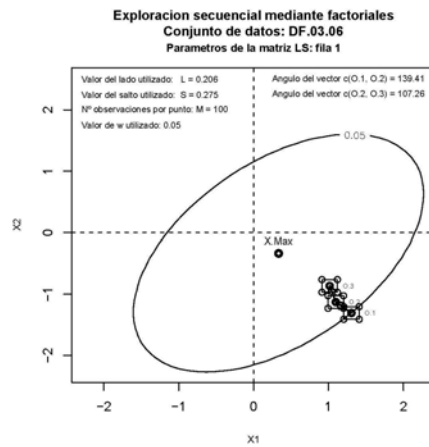
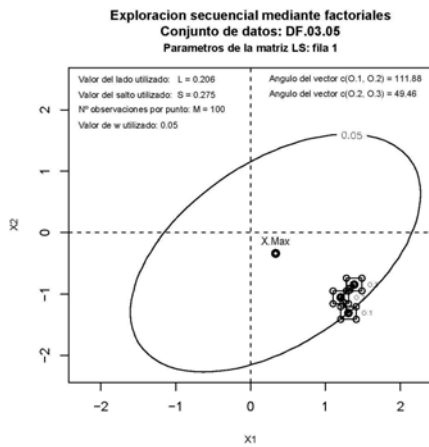
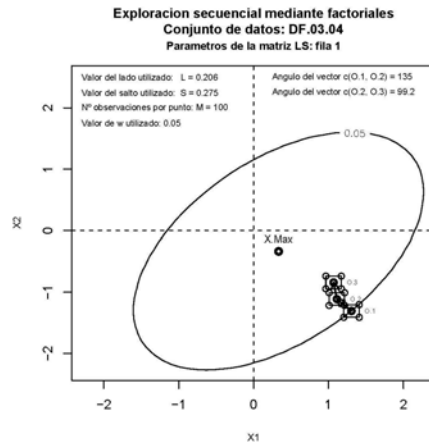
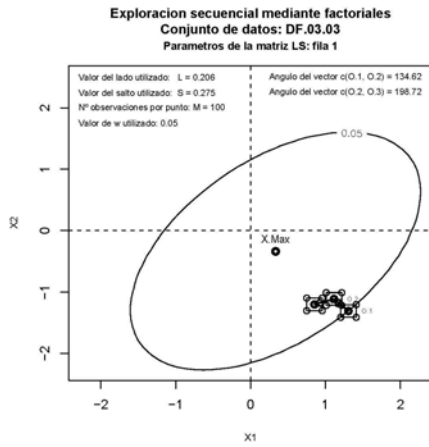
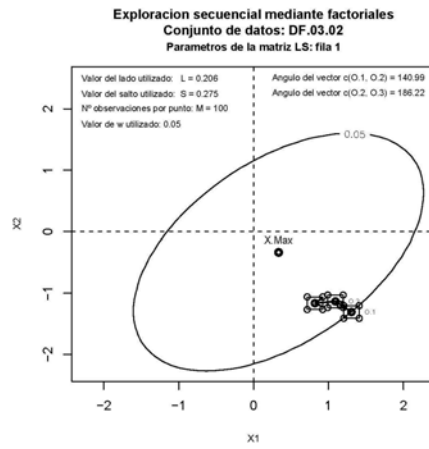
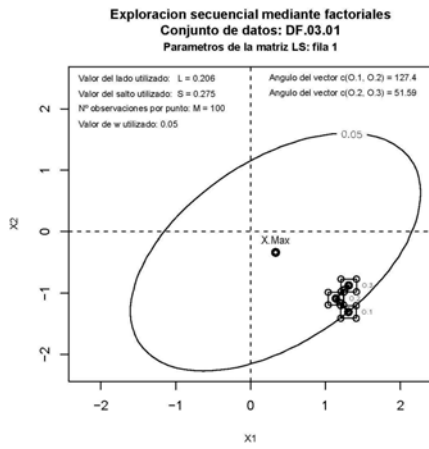
7.2. Desarrollo de la estrategia

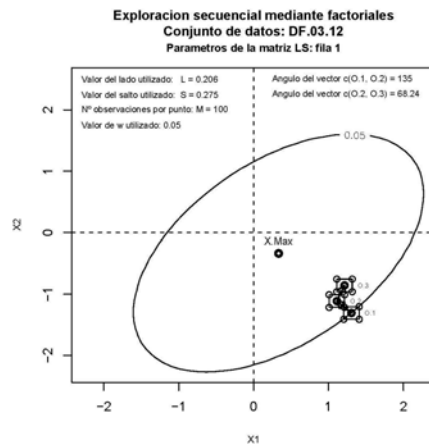
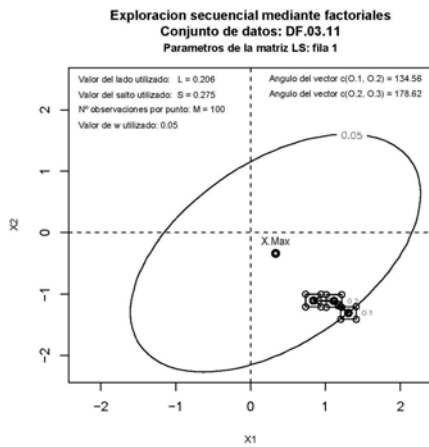
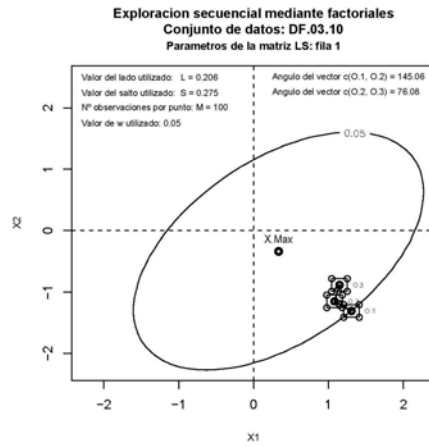
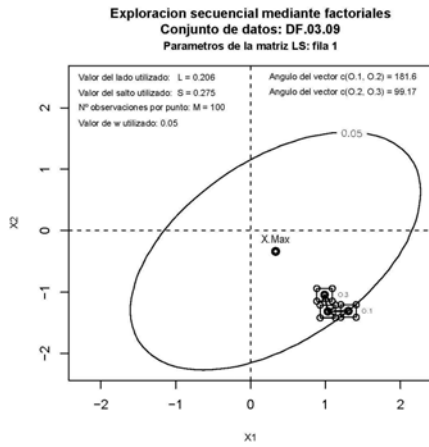
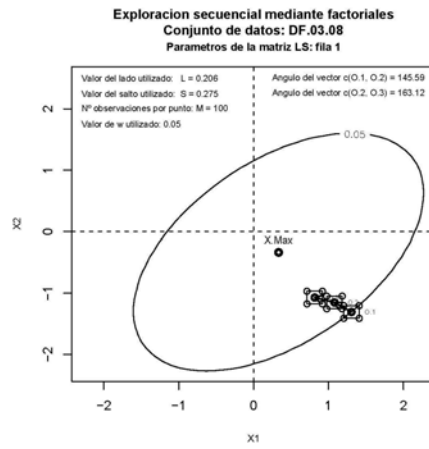
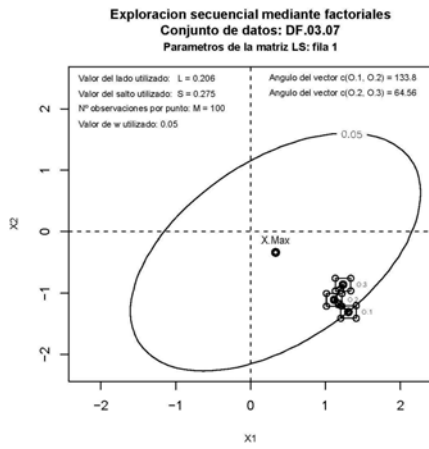
Nuestra situación de partida será el primer centro de experimentación, tal como lo determinamos en el capítulo anterior, cuya representación gráfica puede verse en la figura 6.4. Así es que, con centro en el punto **0.1** (en la notación del programa), todos los 15 cuadros de puntos que generemos partirán del mismo origen, es decir, del mismo punto. Las diferencias relativas que habrá entre uno y otro diseño tiene en cuenta la generación aleatoria de vectores de éxitos —y a partir de ellos, de sus proporciones observadas— y de las direcciones de sus saltos entre centros, los cuales están calculados a partir de los coeficientes de sus respectivos modelos ajustados.

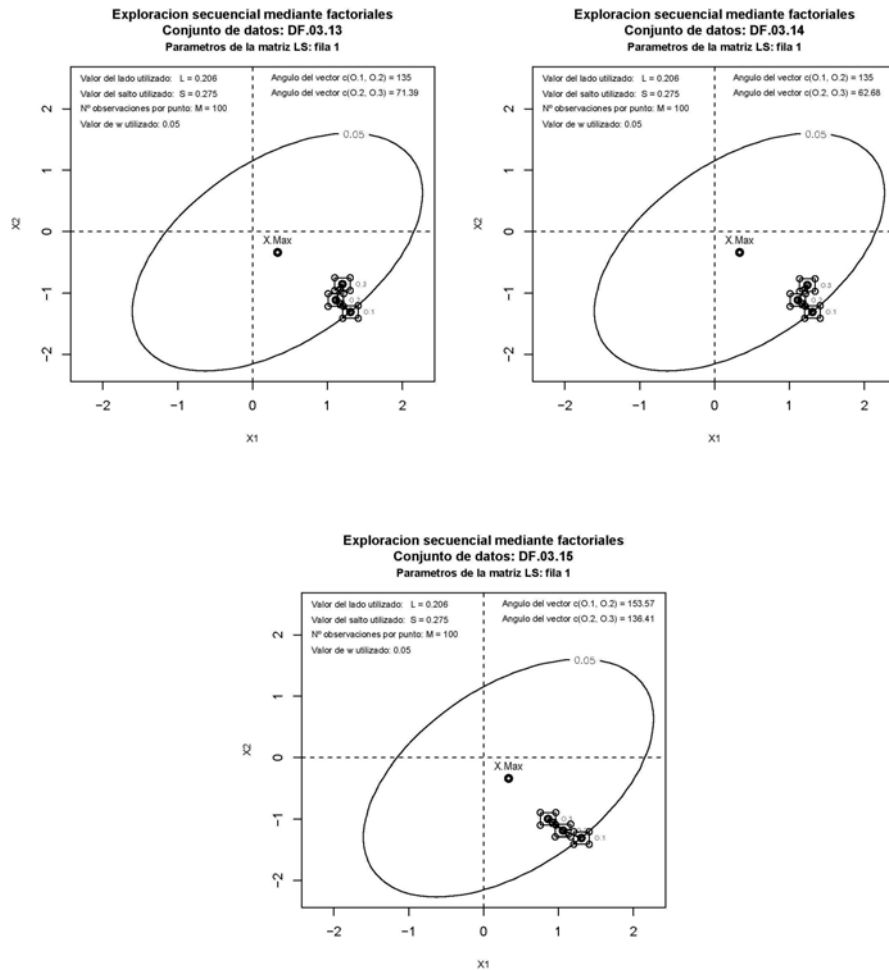
Ya que la descripción de la estrategia en sí misma la hemos comentado detalladamente en el capítulo anterior, presentaremos aquí solamente un resumen de los resultados obtenidos para cada uno de los 15 cuadros de puntos³. En particular, nos ha parecido útil mostrar los gráficos de exploración secuencial para cada uno de ellos y sus sucesivas aproximaciones al máximo.

²El objetivo natural de generar y considerar los 15 cuadros de puntos es el de reducir la variabilidad de los estadísticos de evaluación que luego calcularemos y comentaremos.

³La notación que aparece en cada figura es del tipo **DF.03.XX**, siendo **XX** la referencia a cada uno de los 15 cuadros de puntos estudiados.







Como colofón de esta serie de visualización de gráficos podemos ver en cada uno de ellos de qué manera los sucesivos ángulos de los saltos obtenidos van direccionando los nuevos diseños, algunos más orientados hacia el máximo y otros menos. Esto es debido a la naturaleza aleatoria de los éxitos generados en cada uno de los 15 cuadros de puntos, los cuales llevan a considerar modelos particulares, de los que a su vez se obtienen estimaciones específicas de los parámetros, hecho que redundará en distintos valores de los ángulos de los saltos entre centros.

En este ejemplo hemos obtenido los gráficos de aproximación secuencial al máximo considerando valores “relativamente pequeños” para L y para S , que coinciden con los menores niveles de las mismas variables, agrupados en la matriz LS , que presentaremos en el próximo capítulo. La percepción de que el encadenamiento de diseños que aparecen en estas últimas figuras no pareciera acercarse lo suficiente al máximo es debida a estos niveles pequeños en ambas variables. Sin embargo podemos apreciar de los

gráficos que hay algunos ajustes mejores que otros. Por ejemplo, podemos identificar *grosso modo* que hay 2 grupos básicos, aproximadamente: (a) uno que agrupa a las figuras que refieren a los cuadros de puntos DF.03.02, DF.03.04, DF.03.06, DF.03.08, DF.03.11 y DF.03.15, que parecen dirigese hacia el máximo de forma casi directa, y (b) el otro grupo, de los cuadros restantes, cuyo acercamiento al máximo no es tan directo como en el grupo anterior. Como comentamos antes, la naturaleza aleatoria de los puntos generados hace que encontremos algunos ajustes mejores que otros.

7.3. Resumen de resultados

Disponiendo de los valores de evaluación de cada uno de los cuadros de puntos (saltos y ángulos), podemos tabularlos a todos y determinar los valores de algunos estadísticos de medida de calidad de los ajustes conseguidos, que nos ampliarán algo más el aprendizaje que podemos extraer de su evaluación en paralelo. La inclusión de varios gráficos nos complementará la información sobre los distintos comportamientos de los cuadros de puntos.

Nota bene: como hemos comentado anteriormente, la evaluación de estos 15 cuadros de puntos (los cuales comprenden un nivel para w y su correspondiente matriz **LS**) nos podrá brindar un cierto panorama dentro del contexto “incompleto” de estudio. Esto significa que de acuerdo a lo que venimos planeando, la evaluación completa será aquella que contemple los niveles de las 3 variables de estudio, es decir, cuando en el capítulo 9 consideremos los $5 \times 5 \times 5 = 125$ casos posibles. De este modo, esos 125 casos constituirán el mayor conjunto de puntos que nos hemos propuesto estudiar, y que contendrán la mayor información de acuerdo con lo que nos hemos planteado investigar. Ello no obstante, la configuración que estudiamos a continuación seguirá el mismo esquema que utilizaremos en los capítulos siguientes.

7.3.1. Ángulos y saltos

En la siguiente salida de **R**, cuyo código podrá encontrarse en el **Apéndice C**, podemos ver los valores de los primeros saltos, los primeros ángulos, los segundos saltos y los segundos ángulos, respectivamente. Las primeras dos columnas, **S5(x1)** y **S5(x2)**, indican las componentes del primer salto en x_1 , en x_2 , para cada uno de los 15 cuadros de puntos. Mediante el encabezamiento **phi5**, se presenta el valor del primer ángulo en grados. Luego, el segundo salto en x_1 , en x_2 y su ángulo, **phi6**, aparecen de igual forma que en el caso del primer salto.

```

> ang.saltos
      S5(x1)      S5(x2)      phi5      S6(x1)      S6(x2)      phi6
DF.03.01 -0.1671784  0.218660705 127.4000  0.17101611  0.215672500  51.58757
DF.03.02 -0.2138754  0.173258363 140.9894 -0.27362839 -0.029810087 186.21749
DF.03.03 -0.1933436  0.195906578 134.6227 -0.26068101 -0.088354674 198.72347
DF.03.04 -0.1946289  0.194629742 134.9999 -0.04399151  0.271709189  99.19676
DF.03.05 -0.1025932  0.255412958 111.8841  0.17890762  0.209172651  49.45927
DF.03.06 -0.2090038  0.179104901 139.4052 -0.08166420  0.262853753 107.25913
DF.03.07 -0.1905184  0.198655123 133.8023  0.11825763  0.248548322  64.55521
DF.03.08 -0.2270806  0.155549076 145.5891 -0.26339450  0.079902889 163.12439
DF.03.09 -0.2751403 -0.007678727 181.5986 -0.04387144  0.271728602  99.17144
DF.03.10 -0.2256396  0.157632230 145.0618  0.06623058  0.267160339  76.07675
DF.03.11 -0.1931310  0.196116198 134.5606 -0.27516736  0.006637569 178.61818
DF.03.12 -0.1946285  0.194630150 134.9998  0.10203109  0.255638012  68.24191
DF.03.13 -0.1946321  0.194626528 135.0008  0.08783169  0.260857683  71.39144
DF.03.14 -0.1946312  0.194627436 135.0006  0.12631193  0.244553537  62.68364
DF.03.15 -0.2464711  0.122528139 153.5667 -0.19935028  0.189790942 136.40720

```

Una primera observación que podemos realizar a esta salida de **R** tiene que ver con los ángulos de los saltos entre centros. Podemos con cierta claridad que la columna que refiere al primer ángulo, **phi5**, tiene una menor variabilidad que la referida al segundo ángulo, **phi6**. El primer ángulo se determinó ajustando un modelo incompleto de $p = 5$ parámetros para 5 puntos de diseño, cada uno conformado por 100 observaciones “éxito-fracaso”. En el caso del segundo ángulo, el mismo resulta de ajustar un modelo completo de segundo orden para 10 puntos de diseño, quedando $10 - 6 = 4$ grados de libertad para el cálculo de la devianza residual. Este hecho, presumiblemente, nos lleva a indicar que los 15 valores correspondientes al ángulo **phi5** poseen una menor variabilidad que los correspondientes a **phi6** debido a que en el segundo ángulo se están introduciendo más fuentes de variabilidad, disponiendo incluso de 4 grados de libertad para la devianza residual, que desempeña en los *MLG* el mismo rol que la suma de cuadrados residual lo hace en los modelos lineales normales. Al tener más fuentes de variabilidad los 10 puntos de diseño, las estimaciones de los parámetros del modelo resultarán, por tanto, más variables. Y este hecho, a su vez, imprime también una mayor variabilidad a los ángulos con que los saltos pasan del primero al segundo centro de diseño.

7.4. Evaluación de resultados

Ya teniendo la totalidad de los cuadros de puntos que nos propusimos generar, como así también sus respectivos modelos ajustados, en esta sección retomaremos la evaluación de los dos criterios propuestos de medida de bondad de ajuste en la exploración secuencial del modelo teórico generado. A tal efecto, calcularemos los estadísticos correspondientes a cada criterio para cada uno de los 15 cuadros de puntos y, como ejercicio, ensayaremos una primera evaluación con los mismos, ya que en realidad este ejercicio nos prepara el terreno para las evaluaciones que haremos en los **Capítulos 8 y 9**, que es en donde consideraremos todos los niveles de las 3 variables de estudio que definimos anteriormente.

7.4.1. Algunas consideraciones iniciales

Sobre el criterio de cantidad de información (criterio I)

Habíamos definido el primer criterio de evaluación de estrategias de diseño —que dimos en llamar “criterio de cantidad de información”— a la maximización de la *MIF*, cuya expresión vimos que era de la forma:

$$\det(\mathbf{I}_F) = \det(\mathbf{X}'\mathbf{W}\mathbf{X})$$

De acuerdo con esta definición de la *MIF*, la misma dependerá de una cierta matriz \mathbf{W} o matriz de “pesos” que estará dada por:

$$\mathbf{W} = \text{diag}\{V(y_i | \mathbf{x}_i)\} = \text{diag}\{m_i \pi(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta}) [1 - \pi(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta})]\}$$

Una dificultad que aparece es que para calcular esta matriz no conocemos —en teoría— los valores de las probabilidades verdaderas $\pi_i = \pi(\mathbf{x}_i, \boldsymbol{\beta})$ para cada uno de los puntos de diseño, lo cual nos lleva a tener que considerar una *matriz estimada* de “pesos”, $\widehat{\mathbf{W}}$, dada por:

$$\widehat{\mathbf{W}} = \text{diag}[m_i \widehat{\pi}_i (1 - \widehat{\pi}_i)]$$

Podemos entonces definir dos posibilidades para calcular estas probabilidades estimadas $\widehat{\pi}_i$:

- a. *A partir de las proporciones observadas*: siguiendo este camino, consideraremos como probabilidad estimada a la probabilidad *observada*, que resulta de dividir el número observado de éxitos y_i por el número de repeticiones del proceso de Bernoulli que nos ha generado los mismos, m_i , es decir:

$$\widehat{\pi}_i = \frac{y_i}{m_i} \tag{7.1}$$

- b. *A partir de las probabilidades ajustadas:* con este criterio, consideraremos los valores de $\hat{\pi}_i$ que surjan de las estimaciones máximo verosímiles de los parámetros del modelo ajustado, $\hat{\boldsymbol{\beta}} = (\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_{12}, \hat{\beta}_{11}, \hat{\beta}_{22})'$, que serán del tipo:

$$\hat{\pi}_i = \frac{\exp(\hat{\eta}_i)}{1 + \exp(\hat{\eta}_i)}, \quad \text{en donde: } \hat{\eta}_i = \hat{\beta}_0 + \mathbf{x}'\hat{\mathbf{b}} + \mathbf{x}'\hat{\mathbf{B}}\mathbf{x} \quad (7.2)$$

En nuestro estudio, consideraremos el cálculo de los determinantes de las *MIF* teniendo en cuenta ambos casos, como así también los logaritmos de los mismos.

Sobre el criterio de proximidad al máximo (criterio II)

Del mismo modo que en el caso de los determinantes de la *MIF*, en este estadístico consideraremos también algunas transformaciones de estos valores obtenidos de $\pi(\hat{\mathbf{x}}_{\text{máx}}, \boldsymbol{\beta})$, que permiten obtener resultados semejantes y con menor variabilidad. Éstas son:

- a. *Transformación logit:*

$$\text{logit}[\pi(\hat{\mathbf{x}}_{\text{máx}}, \boldsymbol{\beta})] = \ln \left[\frac{\pi(\hat{\mathbf{x}}_{\text{máx}}, \boldsymbol{\beta})}{1 - \pi(\hat{\mathbf{x}}_{\text{máx}}, \boldsymbol{\beta})} \right]$$

- b. *Transformación angular o transformación del arco seno:*

$$\text{asin}[\pi(\hat{\mathbf{x}}_{\text{máx}}, \boldsymbol{\beta})] = \text{arc sen} \left[\sqrt{\pi(\hat{\mathbf{x}}_{\text{máx}}, \boldsymbol{\beta})} \right]$$

- c. *Transformación de Freeman-Tukey:*

$$\begin{aligned} \text{fyt}[\pi(\hat{\mathbf{x}}_{\text{máx}}, \boldsymbol{\beta})] &= \frac{1}{2} \text{arc sen} \left[\sqrt{\frac{m \cdot \pi(\hat{\mathbf{x}}_{\text{máx}}, \boldsymbol{\beta})}{m + 1}} \right] \\ &+ \frac{1}{2} \text{arc sen} \left[\sqrt{\frac{[m \cdot \pi(\hat{\mathbf{x}}_{\text{máx}}, \boldsymbol{\beta})] + 1}{m + 1}} \right] \end{aligned}$$

En las secciones siguientes realizaremos una evaluación de estos criterios para los modelos ajustados para cada uno de los 15 cuadros de puntos. Para simplificar los resultados, emplearemos solamente las probabilidades máximas, $\text{Pi} \cdot \text{Max}$, para calcular los valores de $\pi(\hat{\mathbf{x}}_{\text{máx}}, \boldsymbol{\beta})$ en las transformaciones utilizadas en este segundo criterio.

La siguiente figura (7.2) ilustra y resume la situación en la que nos encontramos en la evaluación de nuestras estrategias:

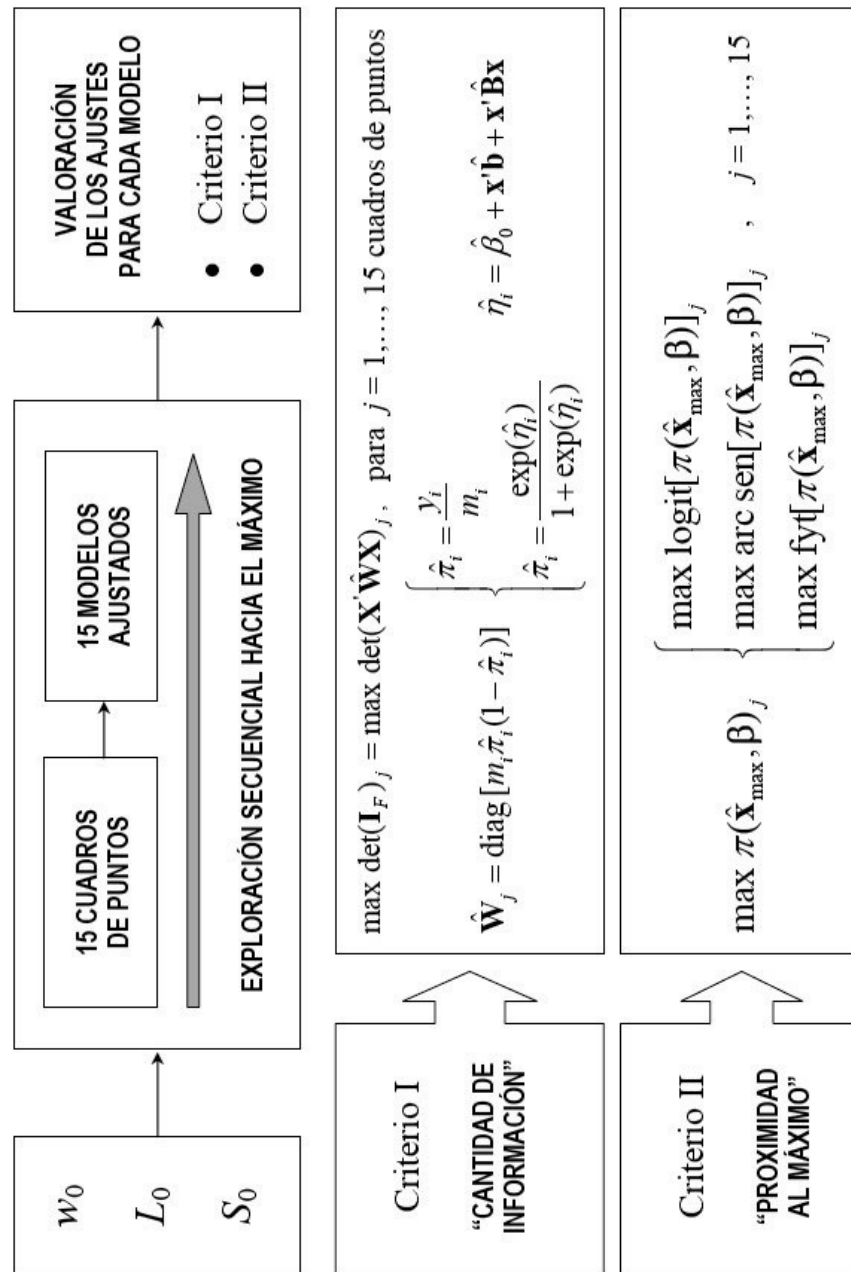


Figura 7.2: Resumen del contexto general de los dos criterios propuestos para evaluación de estrategias de exploración de superficies de respuesta.

7.4.2. Evaluación del criterio I: cantidad de información

Aquí mostramos un resumen y algunos estadísticos calculados con **R** para la forma en como hemos definido el criterio I de evaluación de los ajustes. Como indicáramos oportunamente, dado que la *MIF* depende de la matriz de “pesos” **W**, la que a su vez depende de las probabilidades estimadas $\hat{\pi}_i$, las primeras dos columnas de la tabla que sigue representan los valores del determinante mencionado cuando $\hat{\pi}_i$ se calcula utilizando la proporción de éxitos observada, `pr.obs` (expresión 7.1). En las primeras 15 filas, la primera columna muestra el valor del determinante de la *MIF* con la proporción observada, y la segunda, su logaritmo. En las columnas 3 y 4, se repite lo mismo que en las dos primeras, con la diferencia que determinamos $\hat{\pi}_i$ como el valor de los coeficientes ajustados en el modelo final (expresión 7.2).

```
> mat.det
      det(pr.obs) log[det(pr.obs)] det(pi.hat) log[det(pi.hat)]
DF.03.01    1.944129      0.664814    2.312598      0.838372
DF.03.02    4.397773      1.481098    4.271123      1.451877
DF.03.03    2.337893      0.849250    2.104637      0.744143
DF.03.04    2.354685      0.856407    3.324223      1.201236
DF.03.05    1.974886      0.680511    1.744210      0.556302
DF.03.06    2.615589      0.961489    2.182574      0.780505
DF.03.07    1.793874      0.584377    1.886820      0.634893
DF.03.08    1.800331      0.587970    1.630256      0.488737
DF.03.09    0.936121     -0.066011    1.155268      0.144333
DF.03.10    6.942826      1.937709    7.088004      1.958404
DF.03.11    1.969981      0.678024    1.848495      0.614372
DF.03.12    1.969204      0.677629    2.866725      1.053170
DF.03.13    1.858863      0.619965    2.281693      0.824918
DF.03.14    2.833439      1.041491    3.446491      1.237357
DF.03.15    2.075066      0.729993    2.721501      1.001184

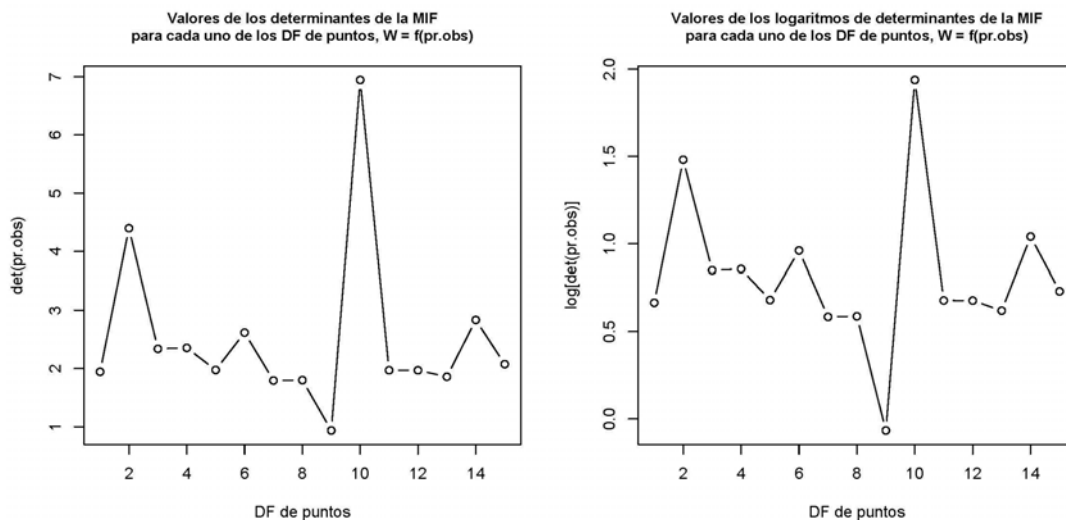
Maximo      6.942826      1.937709    7.088004      1.958404
Minimo      0.936121     -0.066011    1.155268      0.144333
Rango       6.006705      2.003719    5.932736      1.814071
Media       2.520311      0.818981    2.724308      0.901987
Stdev.      1.431256      0.445936    1.450787      0.440872
Coef.V.     0.567889      0.544500    0.532534      0.488778
```

Como parece razonable imaginarse, las medidas de dispersión de las columnas 2 y 4 (los logaritmos) resultan menores a las de las 1 y 3, puesto que la función logaritmo suele “amortiguar” la variabilidad de los 15 valores de las probabilidades de cada cuadro de puntos. Tanto en la fila de **Rango** como en la de **Stdev.** (rango de variabilidad y desviación tipo, respectivamente), se aprecia también claramente esta situación.

En cuanto a las medidas de posición, como por ejemplo la **Media**, siguen la misma lógica, lo cual queda condensado en la relativa poca variabilidad que tienen los 4 estadísticos, que se observa en la fila correspondiente al coeficiente de variación, etiquetada como **Coef.V.** En síntesis, podemos ver que los estadísticos suelen seguir un patrón similar de a dos grupos: (a) primer grupo: **det(pr.obs)** y **det(Pi.hat)**, y (b) segundo grupo: **log[det(pr.obs)]** y **log[det(Pi.hat)]**. En particular, también el segundo grupo tiene menor variabilidad global y un coeficiente de variación algo menor que el primero. Debido entonces a estas analogías precitadas, tomaremos de aquí en adelante una sola medida para este criterio I, que será el **log[det(Pi.hat)]**.

Los gráficos de las secciones siguientes corresponden a cada una de las columnas de la tabla anterior evaluadas para los valores promedio de cada una de las columnas de la última tabla. En primer lugar, consideraremos los correspondientes al cálculo de $\hat{\pi}$ mediante la expresión (7.1) —la probabilidad *observada*— tanto en su valor original como en escala logarítmica. Y a continuación, evaluaremos las mismas cantidades pero calculando $\hat{\pi}$ mediante la expresión (7.2), es decir, con la probabilidad *ajustada*. Las líneas de código en R para realizarlas también pueden encontrarse en el **Apéndice C**.

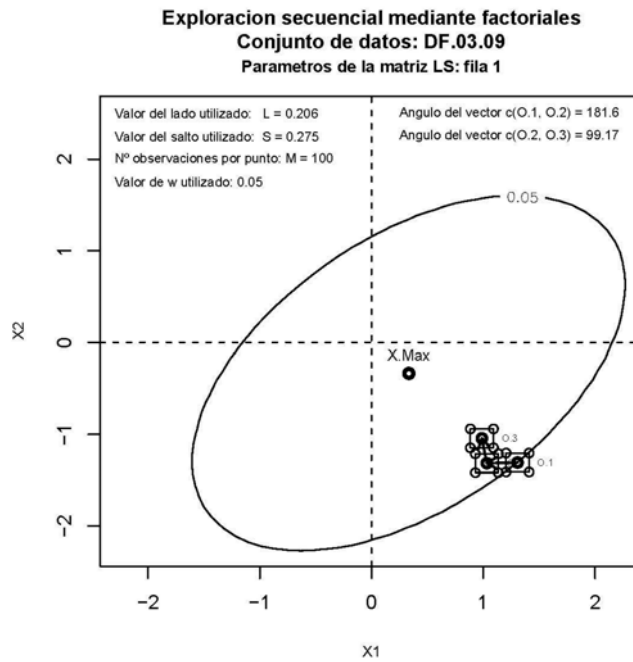
Nota bene: diremos finalmente que las observaciones que de aquí podamos sacar no son lo suficientemente informativas que podrían esperarse —en el sentido *lato* del término— ya que solamente se tratan de observaciones para un caso específico de estudio, que contiene un valor fijo para cada una de las variables que hemos definido como de estudio: *w*, *L* y *S*. Cuando consideremos la evaluación de todos los niveles de estas tres variables (capítulos 8 y 9), entonces allí sí podremos realizar observaciones con mayor sentido, ya que estaremos en la búsqueda de los niveles de estas variables que maximicen los dos criterios de valoración que hemos elegido para evaluar las estrategias de exploración de las superficies de respuesta.

Gráficos para el criterio I: $\hat{\pi} = \text{pr. obs}$ 

En secciones anteriores, cuando evaluamos las exploraciones secuenciales en camino hacia el máximo teórico para cada uno de los 15 cuadros de puntos (graficados sobre la curva de nivel correspondiente al valor elegido para w), hicimos una agrupación algo grosera de los cuadros que mejor se comportaban en su aproximación al máximo, y que eran: DF.03.02, DF.03.04, DF.03.06, DF.03.08, DF.03.11 y DF.03.15.

En los gráficos que representamos en esta sección, podemos observar que hay algunos diseños que presentan “mayor contenido de información” que otros, que ha sido medido de forma más objetiva que la simple inspección de los primeros gráficos secuenciales. En este sentido, los cuadros de puntos identificados como DF.03.02, DF.03.06, DF.03.11 y DF.03.14 son los que han alcanzado los valores “relativamente más altos” de los determinantes de las *MIF* calculadas en función de la probabilidad observada, aspecto que resulta deseable. Por otra parte, y de manera bastante notoria, para el DF.03.09, se observa el valor “relativamente más pequeño”. Una conjetura que podemos sacar de ello es mediante la relación de este valor “relativamente bajo” del determinante de la *MIF* correspondiente al cuadro de puntos DF.03.09 con el gráfico de exploración secuencial correspondiente, en donde no pareciera haber mucha claridad en la aproximación hacia el máximo desde el primer centro, tal vez debido a una cierta “congestión” de puntos en los tres diseños considerados. Sin embargo, no tenemos evidencia muy clara que nos permita dar seguridad a esta observación.

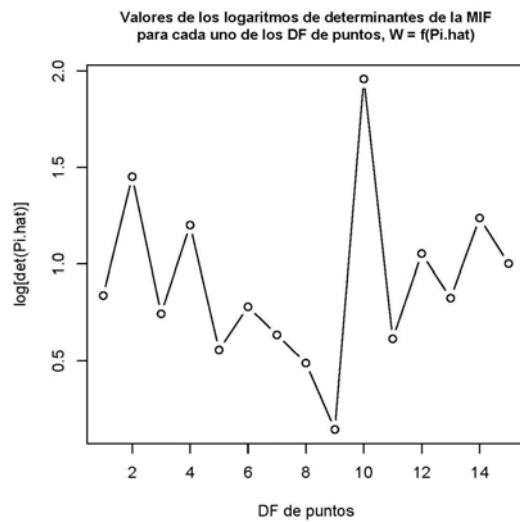
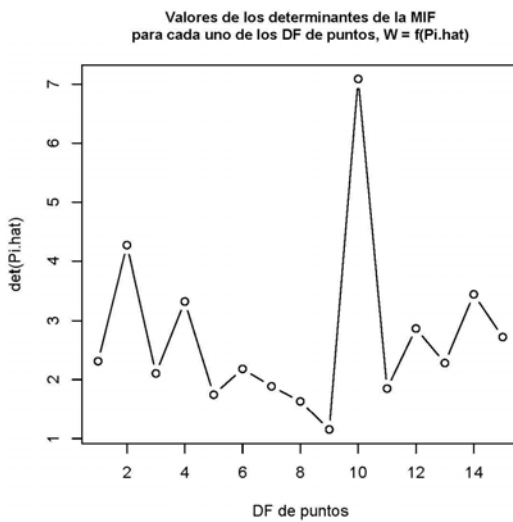
Para visualizar esto, volvemos a presentar dicho gráfico a continuación:



La relativa “congestión” de puntos de diseño coincide con el valor más bajo observado en los gráficos de los determinantes de la *MIF*.

Gráficos para el criterio I: $\hat{\pi} = \text{pi.hat}$

Del mismo modo que evaluamos el criterio I tomando $\hat{\pi} = \text{pr.obs}$, aquí tomaremos de forma análoga $\hat{\pi} = \text{pi.hat}$. y evaluaremos las representaciones gráficas para cada uno de los 15 cuadros de puntos estudiados:



7.4.3. Evaluación del criterio II: proximidad al máximo

Del mismo modo que hicimos con el criterio I, aquí haremos algo análogo con el criterio II que hemos propuesto. Recordamos que dicho estadístico se calculaba como la probabilidad teórica —es decir, del valor de la superficie teórica— evaluada en el punto máximo que alcance el modelo ajustado dentro de los puntos de diseño considerados, es decir: $\pi(\hat{\mathbf{x}}_{\text{máx}}, \boldsymbol{\beta})$.

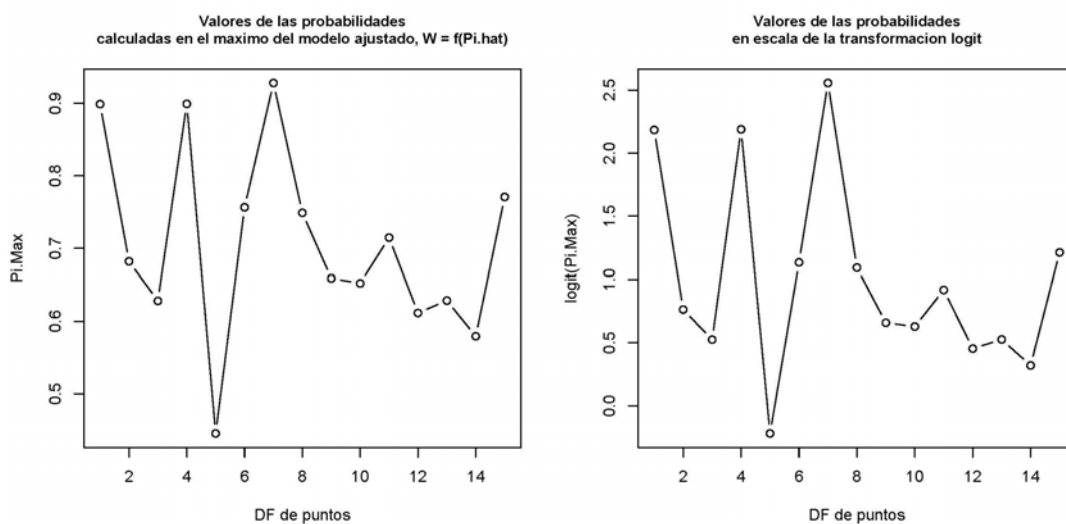
Hemos resumido los valores de dicha probabilidad, como así también los de las transformaciones de la misma en la tabla que presentamos a continuación. La primera columna refiere a la probabilidad mencionada (Pi.Max), y de la segunda a la cuarta, a las transformaciones logit, angular y de Freeman-Tukey, que identificamos mediante los encabezamientos: `Logit(Pi.Max)`, `Arc.s(Pi.Max)` y `Fr-Tk(Pi.Max)`, respectivamente.

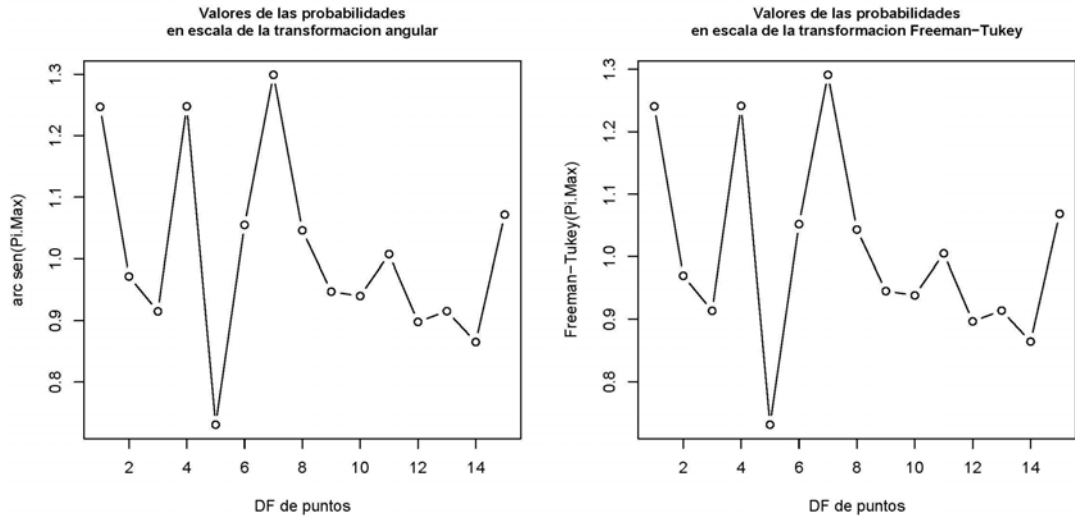
Al igual que hicimos con el criterio I, en las últimas 6 filas presentamos algunas medidas descriptivas de posición y dispersión de cada una de las columnas consideradas, para completar la visualización de los datos, los cuales luego graficaremos de manera análoga a los determinantes.

```
> mat.pim
      Pi.Max Logit(Pi.Max) Arc.s(Pi.Max) Fr-Tk(Pi.Max)
DF.03.01 0.898778      2.183720      1.247015      1.240609
DF.03.02 0.682047      0.763195      0.971728      0.969805
DF.03.03 0.628167      0.524361      0.915012      0.913706
DF.03.04 0.899190      2.188257      1.247698      1.241275
DF.03.05 0.445337     -0.219529      0.730626      0.731167
DF.03.06 0.756512      1.133651      1.054750      1.051816
DF.03.07 0.927986      2.556156      1.299112      1.291163
DF.03.08 0.748809      1.092270      1.045823      1.043006
DF.03.09 0.658838      0.658120      0.947037      0.945388
DF.03.10 0.652120      0.628371      0.939968      0.938397
DF.03.11 0.714656      0.918106      1.007264      1.004927
DF.03.12 0.611532      0.453756      0.897876      0.896750
DF.03.13 0.628572      0.526096      0.915431      0.914121
DF.03.14 0.579345      0.320085      0.865080      0.864288
DF.03.15 0.770705      1.212296      1.071455      1.068295
```


Maximo	0.927986	2.556156	1.299112	1.291163
Minimo	0.445337	-0.219529	0.730626	0.731167
Rango	0.482649	2.775686	0.568486	0.559996
Media	0.706840	0.995927	1.010392	1.007648
Stdev.	0.131764	0.771014	0.156582	0.154247
Coef.V.	0.186413	0.774167	0.154972	0.153076

Siguiendo la misma lógica para construir los gráficos que en los determinantes, presentamos los gráficos correspondientes a cada una de las columnas de esta última tabla, para la fila Media.





De acuerdo con este criterio de valoración, los 4 gráficos anteriores nos permiten observar tres grupos de cuadros de puntos: (a) el primer grupo, o grupo de valores “relativamente altos”, que puede corresponder a los cuadros de puntos DF.03.01, DF.03.04 y DF.03.07; (b) el segundo grupo, con valores situados en el tercio medio de las ordenadas, en el que se puede incluir a cuadros como los DF.03.06, DF.03.08, DF.03.09, DF.03.10, DF.03.11, DF.03.12, DF.03.13, DF.03.14 y DF.03.15; y (c) un tercer grupo, que consta de un único valor “relativamente muy bajo”, y que corresponde al , DF.03.05. Indagando en los gráficos secuenciales de exploración de superficies, no hemos podido encontrar correspondencias que resulten evidentes para correlacionar los tres grupos de valores que hemos estudiado aquí. La consideración de más repeticiones por cada punto de diseño (esto es, tomar valores de m muy superiores al valor considerado, $m = 100$), como así también considerar más cuadros de puntos (más de 15), seguramente nos proporcione alguna información con mayor claridad, que nos permita explorar mejor posibles correlaciones.

Sin embargo, y como comentamos anteriormente, este tipo de extensiones a nuestra propuesta de estudio no constituye el objeto principal de nuestro trabajo, ya que nuestra meta está puesta en otros aspectos, los cuales detallamos anteriormente.

7.5. Algunas observaciones

Si bien hemos considerado 15 cuadros de puntos para intentar reducir la variabilidad de los estadísticos de evaluación de las medidas de ajuste, esto no deja de ser un estudio para un valor fijo de cada una de las 3 variables principales de estudio: L , S y

w . Pareciera natural suponer que las conclusiones que podamos extraer al considerar varios niveles —y no tan solo uno— para estas tres variables de estudio, resultaría más adecuado que las que podamos observar en este capítulo, y el paso natural de extensión de nuestro estudio. Ello no obstante, ensayaremos algunas observaciones breves al respecto.

Examinando los gráficos precedentes, podemos observar que el conjunto de datos DF.03.10 presenta marcadamente los máximos valores para los determinantes y todas sus transformaciones, mientras que para el caso de las probabilidades calculadas en el máximo del modelo ajustado, los valores más altos corresponden a los conjuntos DF.03.07, DF.03.04 y DF.03.01, ordenados decrecientemente.

Solamente de modo provisional, podemos inclinarnos a indicar hasta ahora que el conjunto de puntos DF.03.07 es el que mejor ajuste ha logrado, puesto que de acuerdo con el criterio II, posee el valor más alto comparado con el resto de los conjuntos de puntos. Sin embargo, creemos que resulta necesario dar un paso más e introducir niveles en las variables de estudio para luego observar la repercusión que conlleva en los distintos casos. Por otra parte, pareciera que la relativamente “pequeña” distancia que hemos tomado para el módulo del salto no hiciera que los diseños se acercaran lo suficiente hacia el máximo, con lo cual, la información que recogen en los 3 diseños podría ser mayor si los saltos se tomaran “más grandes”. Esto lo podremos comparar sobre la base de los resultados del capítulo siguiente.

En el próximo capítulo, e iniciando la **Parte III** de esta tesis, extenderemos la evaluación de los 15 cuadros de puntos para 5 niveles predeterminados de L y otros 5 niveles de S , introduciendo así las dos primeras grandes variables para cada uno de los conjuntos de puntos. Dejaremos para el último capítulo la introducción de niveles para la última variable que consideraremos, w , para luego ensayar conclusiones más amplias.