Estimadores de calibración para el tratamiento de la no-respuesta en la estimación de razones

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Maestría en Ciencias, en el Área de Estadística

Calibration estimators for treatment of non response in ratio estimation

A thesis proposal submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Statistics

Autor
Ana Milena Salamanca Garnica

Director
Jaime Abel Huertas Campos

Universidad Nacional de Colombia
Departamente de Estadística
Bogotá, junio de 2010

Índice

1. Introducción **3**

2. Marco Teórico **5**

2.1. Preliminares 5

2.1.1. Diseño muestral 6

2.1.2. Estadística 7

2.1.3. Concepto de estimador y sus propiedades 7

2.1.4. El π-estimador del total y su varianza 9

2.1.5. El estimador de la razón y su varianza 10

2.2. El r-estimador 11

2.2.1. El r-estimador del total y su varianza 12

2.2.2. Estimador de la razón usando estimadores de regresión 15

2.3. Estimadores de Calibración 17

2.3.1. El estimador de calibración para un total 18

2.3.2. El estimador de calibración para una razón 20

2.4. Tratamiento de la no-respuesta 22

2.4.1. Aspectos operativos 22

2.4.2. Estimación en presencia de no-respuesta 22

2.4.3. Calibración como tratamiento de la no-respuesta en la estimación de totales . . 25

3. Estimador de calibración para la no-respuesta en la estimación de razones **27**

3.1. Estimadores de razón con ajuste a las ponderaciones del diseño 27

3.1.1. Razón como cociente de π-estimadores del total 28

3.1.2. Razón como cociente de estimadores de regresión del total 28

3.1.3. Estimador de calibración con ajuste a las probabilidades del diseño 29

3.2. Estimador de Calibración para la estimación de una razón 29

3.3. Estudio del sesgo y la varianza a través de simulación 30

3.3.1. Descripción de las poblaciones 31

3.3.2. Escenarios de simulación 35

3.3.3. Expresiones de los estimadores simulados 38

3.3.4. Estadísticas de resumen de la simulación 40
3.4. Análisis de Resultados de la simulación 40
3.4.1. Distribución Normal - Respuesta Completa 40
3.4.2. Distribución Normal - No Respuesta 42
3.4.3. Distribución Weibull - Respuesta Completa 48
3.4.4. Distribución Weibull - No Respuesta 49
3.4.5. Distribución Weibull Estratificada - No Respuesta 56

4. Conclusiones **59**

5. Bibliografía **61**

1. Introducción

En la planeación y ejecución de investigaciones realizadas por medio de muestras probabilísticas, un aspecto de cuidado es la definición de los estimadores a utilizar debido al impacto que ellos tienen tanto en el sesgo como en la varianza de las estimaciones a realizar. Adicionalmente, existen otros aspectos que se deben controlar cuidadosamente entre los cuales se cuentan: la construcción del marco muestral, la asignación de probabilidades de inclusión a todos los elementos del marco y la ejecución del estudio mediante una metodología de recolección (personal, telefónica, correo) lo más acorde posible a las características de la población en estudio. Todos estos aspectos tienen impacto directo sobre la calidad de las estimaciones obtenidas.

En cuanto a la recolección de información es necesario dedicar recurso a desarrollar mecanismos que aseguren la obtención de respuesta para todos los elementos pertenecientes a la muestra, de tal forma que los tiempos y costos de recolección se mantengan en un margen adecuado dentro del presupuesto de estudio. Pero a pesar de todos los esfuerzos encaminados a la obtención de respuesta, la presencia de no-respuesta es casi inevitable, lo cual afecta directamente el sesgo de los estimadores planteados inicialmente en el diseño propuesto y conlleva una componente de varianza adicional. Es por ello que los investigadores deben estar preparados para establecer estrategias de estimación que corrijan el sesgo causado por la no-respuesta.

La literatura aborda el tema de la no-respuesta haciendo diferencia en el nivel al cual se presenta esta situación en una encuesta[1] y en línea con esto se definen dos niveles de no-respuesta. Un primer nivel se da cuando en una entrevista o formulario se obtiene respuesta parcial y algunas preguntas o items no han sido respondidos por el entrevistado, a este se le denomina: no-respuesta del ítem y se recomienda que este tipo de no-respuesta se trate a través de imputación.

Por otro lado, aquellos casos en los que no se obtiene respuesta de uno o varios elementos o individuos de la muestra seleccionada, se denominan no-respuesta de unidades, la recomendación para el tratamiento en este caso es a través de ponderación (Särndal & Lündstrom, 2005).

Este trabajo pretende presentar una propuesta de tratamiento para situaciones ubicadas en este segundo caso: no-respuesta de unidades, en el cual la característica principal es que el conjunto original de muestra seleccionada se reduce por esta causa. Varios autores han trabajado el tema de la no-respuesta, enfocado desde varios puntos de vista:

1. *Medición de la no-respuesta:* consistente en determinar el porcentaje de entrevistados

[1]Una encuesta por muestreo es el **proceso de investigación** conducente a llegar a un **conocimiento aproximado** de las características de una **población** mediante la recolección de información de los **elementos** que la componen. Este proceso de investigación abarca desde la concreción de objetivos en cuadros de salida, pasando por la definición del plan muestral, los instrumentos y los mecanismos de recolección, la organización y gerencia de los operativos de campo, oficina y procesamiento hasta concluir con la redacción y entrega de los informes finales. (Bautista, 2003)

que no contestaron una parte o la totalidad de la encuesta.

2. *Métodos de ajuste por no-respuesta:* para ajustar los factores de expansión originales correspondientes al diseño muestral utilizado.

3. *Técnicas de submuestreo de no respondientes:* que permiten obtener estimadores insesgados con base en diseños bifásicos, pero que pueden elevar los costos y tiempos de recolección.

4. *Técnicas de modelamiento de la respuesta:* se suponen distribuciones de probabilidad para la respuesta en las poblaciones de estudio, estas probabilidades pueden ser iguales a través de la población o se pueden suponer diferentes para distintos grupos de ella. El insesgamiento de los estimadores se logra a medida que el supuesto de probabilidad de respuesta es más cercano a la verdadera distribución de respuesta en la población.

5. *Técnicas que utilizan información auxiliar y estimadores de regresión para proponer estimadores ajustados por no-respuesta:* en donde se exige una alta correlación entre la variable auxiliar y la variable de estudio.

6. *Técnicas de calibración:* en donde se proponen nuevos factores de expansión que se obtienen ajustando los factores de expansión iniciales a través de restricciones y ecuaciones de calibración.

El planteamiento de este trabajo está basado en técnicas de calibración como se sugiere en Lündstrom y Särndal (1999). En este artículo se propone la utilización de información auxiliar para reducir tanto el error muestral como el sesgo por no-respuesta en encuestas y se propone un estimador puntual para el total poblacional basado en calibración y su correspondiente estimador de varianza.

2. Marco Teórico

Para el desarrollo de esta propuesta se han estudiado principalmente los conceptos de: estimadores de calibración, estimadores de regresión y técnicas de tratamiento de la no-respuesta. En las siguientes secciones de este capítulo se presentan estos conceptos con el objetivo de facilitar la comprensión y desarrollo de los objetivos de este proyecto y con el fin de presentar la notación con que se trabajará puesto que en general son temas ampliamente conocidos. Una revisión más completa puede ser hecha al consultar Särndal, Swensson & Wretman (1992) y Bautista (1998), entre otros.

2.1. Preliminares

El estudio del comportamiento de una o varias características de interés en un conjunto específico de elementos denominado ***población finita***, para obtener información estadísticamente confiable sobre el valor de un parámetro puede ser abordado mediante la observación de todos y cada uno de los elementos de la población o seleccionando un subconjunto de elementos de la misma para que al ser observados permitan al investigador tener una estimación del valor del parámetro. La primera posibilidad se refiere a realizar un ***censo*** de elementos, mientras que la segunda propone escoger una ***muestra*** de ellos que al ser escogida con las características de una muestra probabilística permite realizar inferencia estadística sobre los parámetros de interés; algunos de los parámetros que generalmente requieren ser estimados en una encuesta son: totales y razones poblacionales, entre otros.

Se definen a continuación los conceptos de población, muestra probabilística y variable de estudio.[2] . Se considera una población de N elementos, llamados $k = 1, \ldots, N$. Se denota a la ***población finita*** como $U = \{1, \ldots, k, \ldots, N\}$. En la práctica usualmente N es desconocido.

Una muestra puede ser cualquier subconjunto de la población y se denota como s. Las propuestas objeto de este trabajo se ubican en el marco de las muestras probabilísticas. Según Särndal et al. (1992), un conjunto de elementos seleccionado directamente de la población mediante un muestreo probabilístico debe satisfacer las siguientes condiciones:

- Se puede definir el conjunto de muestras posibles $\varsigma = \{s_1, \ldots, s_M\}$, que se pueden obtener con un procedimiento muestral.
- A cada posible muestra s del conjunto ς, se le puede asociar una probabilidad conocida de selección $p(s)$.
- El procedimiento de selección asigna a cada elemento de la población una probabilidad de selección mayor que cero.
- La muestra es seleccionada mediante un mecanismo aleatorio bajo el cual cada posible s tiene probabilidad $p(s)$.

[2]Las definiciones incluidas tienen como principal referencia los textos de Särndal, Swensson & Wretman (1992) y Bautista (1998)

Por otra parte sea Y una variable de observación y y_k el valor de Y para el k-ésimo elemento de la población.

2.1.1. Diseño muestral

El diseño muestral es la función que asigna probabilidad a cada una de las posibles muestras en el conjunto ς. De esta forma, el diseño muestral está dado por la función: $p(s) : \varsigma \to (0, 1)$ la cual asigna una probabilidad $p(s)$ de selección a cada una de las s muestras posibles, bajo un esquema de selección dado. Para un diseño muestral $p(.)$, se puede observar cualquier muestra s como un resultado del conjunto de valores de la variable aleatoria S, cuya distribución de probabilidad es especificada por la función $p(.)$. Dado que ς es el conjunto de todas las muestras s. Entonces se tiene: $P(S = s) = p(s)$ para cualquier $s \in \varsigma$. Como $p(s)$ es una distribución de probabilidad sobre ς, se cumple que:

i. $p(s) \geq 0$ para toda $s \in \varsigma$

ii. $\sum_{s \in \varsigma} p(s) = 1$

Para un diseño muestral dado, la inclusión de un elemento k en la muestra es un evento aleatorio indicado por la variable aleatoria I_k definida como:

$$I_k = \begin{cases} 1 & \text{si } k \in S, \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases} \tag{1}$$

Esta es función de la variable aleatoria S y se denomina Indicadora Muestral de k. Se define como probabilidad de inclusión de primer orden π_k a:

$$\pi_k = P(k \in S) = P(I_k = 1) = \sum_{s \ni k} p(s) \tag{2}$$

Donde π_k es la probabilidad de que el elemento k sea incluido en la muestra s y se notará $s \ni k$ como aquellas muestras que contienen al k dado. La probabilidad de inclusión de segundo orden π_{kl} se define como:

$$\pi_{kl} = P(k \& l \in S) = P(I_k I_l = 1) = \sum_{s \ni k \& l} p(s) \tag{3}$$

Así, para un diseño $p(.)$ se asocian N cantidades $\pi_1, \ldots, \pi_k, \ldots, \pi_N$; y se asocian $N(N-1)/2$ probabilidades de inclusión de segundo orden:$\pi_{12}, \pi_{13}, \ldots, \pi_{kl}, \ldots, \pi_{N-1,N}$

Ejemplo 1:

Considere un esquema de selección ***sin reemplazamiento***, en el cual cada cada extracción es realizada entre los elementos que no han sido escogidos en las extracciones anteriores, de esta forma se selecciona una muestra de elementos mediante ***muestreo aleatorio simple sin reemplazamiento (MAS)***. A continuación se enuncian los pasos a seguir para llevar a cabo este esquema:

1. Seleccionar con igual probabilidad, $\frac{1}{N}$, un primer elemento de los N elementos.
2. Seleccionar con igual probabilidad, $\frac{1}{N-1}$, un segundo elemento de los $N-1$ elementos restantes. $\vdots$
n Seleccionar con igual probabilidad, $\frac{1}{N-n+1}$, un n-ésimo elemento de los $N-n+1$ elementos restantes después de las $n-1$ selecciones.

En este caso se tienen $\binom{N-1}{n-1}$ muestras s que incluyen el elemento k y $\binom{N-2}{n-2}$ muestras que contienen simultáneamente a los elementos $k\&l$.

Dadas todas las posibles muestras de tamaño n, cada una tiene la misma probabilidad de ser seleccionada $p(s) = 1/\binom{N}{n}$. De esta forma:

$$\pi_k = \sum_{s \ni k} p(s) = \frac{\binom{N-1}{n-1}}{\binom{N}{n}} = \frac{n}{N} \tag{4}$$

y

$$\pi_{kl} = \sum_{s \ni k,l} p(s) = \frac{\binom{N-2}{n-2}}{\binom{N}{n}} = \frac{(n-1)n}{(N-1)N} \tag{5}$$

2.1.2. Estadística

En general el término estadística se refiere al valor real de una función cuyos valores pueden variar con los diferentes resultados de cierto experimento. En este caso, cada uno de los experimentos posibles coincide con cada una de las posibles muestras s dentro del conjunto S. Si $Q(S)$ es una función de valor real del conjunto aleatorio S, cualquier función de este tipo es una estadística, ya que el valor de $Q(s)$ puede calculado una vez que la muestra s, que es un resultado de S, ha sido especificada y los datos para los elementos en la muestra han sido colectados. Algunos ejemplos de estadística son: la función indicadora de pertenencia muestral $I_k(S)$, la función tamaño de muestra definida como: $n_S = \sum_U I_k(S)$ y el total muestral de la variable Y definido como: $\sum_s y_k$ entre otros.

La esperanza y varianza de una estadística $Q(S)$ cualquiera se definen como:

$$E(Q) = \sum_{s \in S} p(s)Q(s)$$

$$V(Q) = \sum_{s \in S} p(s)[Q(s) - E(Q(s))]^2$$

2.1.3. Concepto de estimador y sus propiedades

Se define estimador como una estadística utilizada para producir valores que para la mayoría de la muestras, tiende a estar cerca de la cantidad poblacional desconocida que se desea estimar. Tales cantidades son llamadas parámetros y se notarán como θ.

Si se estudia una variable Y, se puede pensar que el parámetro θ es una función de valor real de $y_1, \ldots, y_N$, los N valores de Y. Esto es:

$$\theta = f(y_1, \ldots, y_N)$$

Se pueden citar como ejemplos:

- el total poblacional:
$$\theta_1 = t = \sum\nolimits_U y_k$$
- la media poblacional:
$$\theta_2 = \mu_y = \overline{y}_U = \frac{\sum_U y_k}{N}$$
- la razón de dos totales poblacionales de las variables Y y Z:
$$\theta_3 = R = \frac{\sum_U y_k}{\sum_U z_k}$$

Un estimador de θ se denotará como: $\hat{\theta} = \hat{\theta}(S)$. Si s es una realización del conjunto aleatorio S , se asume que es posible calcular $\hat{\theta}$ con los valores observados para las variables $y_k, z_k, \ldots$ asociados con los elementos $k \in s$.

Se requieren algunas medidas que resumen y describen importantes aspectos de la distribución muestral, como se describió antes:

$$E(\hat{\theta}) = \sum_{s \in S} p(s)\hat{\theta}(s)$$

$$V(\hat{\theta}) = \sum_{s \in S} p(s)[\hat{\theta}(s) - E(\hat{\theta})]^2$$

El sesgo del estimador se define como:

$$B(\hat{\theta}) = E(\hat{\theta}) - \theta \tag{6}$$

De esta forma, $\hat{\theta}$ es insesgado para θ si: $B(\hat{\theta}) = 0$. El cuadrado medio del error se define como:

$$ECM(\hat{\theta}) = E[\hat{\theta} - \theta]^2 = V(\hat{\theta}) + [B(\hat{\theta})]^2 \tag{7}$$

La raíz cuadrada de la varianza $\sqrt{V(\hat{\theta})}$ es llamada el error estándar del estimador. Como medida de precisión se define el error estándar relativo de $\hat{\theta}$ o coeficiente de variación de $\hat{\theta}$:

$$CV(\hat{\theta}) = \frac{\sqrt{V(\hat{\theta})}}{E(\hat{\theta})} \tag{8}$$

2.1.4. El π-estimador del total y su varianza

El estimador propuesto por Horvitz y Thompson (1952), para el total de la variable Y, $t_y = \sum_U y_k$, conocido también como π-estimador es:

$$\hat{t}_{y\pi} = \sum_s \frac{y_k}{\pi_k} = \sum_s d_k y_k \tag{9}$$

Este estimador es insesgado para el total t_y. La varianza del estimador está dada por:

$$V(\hat{t}_{y\pi}) = \sum \sum_U \Delta_{kl} \frac{y_k}{\pi_k} \frac{y_l}{\pi_l} \tag{10}$$

con $\Delta_{kl} = \pi_{kl} - \pi_k \pi_l$.

El estimador insesgado de la varianza para el π-estimador del total es:

$$\hat{V}(\hat{t}_{y\pi}) = \sum \sum_s \frac{\Delta_{kl}}{\pi_{kl}} \frac{y_k}{\pi_k} \frac{y_l}{\pi_l} \tag{11}$$

Ejemplo 2:

Para un diseño MAS con tamaño de muestra fija igual a n, el π-estimador toma la forma:

$$\hat{t}_{y\pi} = \frac{N}{n} \sum\nolimits_s y_k \tag{12}$$

Con base en las expresiones (10) y (11) se pueden obtener las expresiones de varianza en este caso particular. Así:

$$V(\hat{t}_{y\pi}) = N^2 \frac{1-f}{n} S_{yU}^2 \tag{13}$$

Donde $f = \frac{n}{N}$ y $S_{yU}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_U (y_k - \overline{y}_U)^2$

De forma similar, el estimador insesgado para la expresión de varianza anterior está dado por:

$$\hat{V}(\hat{t}_{y\pi}) = N^2 \frac{1-f}{n} S_{ys}^2 \tag{14}$$

Donde $f = \frac{n}{N}$ y $S_{ys}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_s (y_k - \overline{y}_s)^2$, $\overline{y}_s = \frac{\sum_s y_k}{n}$

En la práctica como se puede observar se recurre siempre a la estimación de la varianza calculando $\hat{V}(\hat{t}_{y\pi})$ y como medida de precisión de la estimación se calcula el coeficiente de variación estimado en la muestra:

$$cve(\hat{\theta}) = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{\theta})}}{\hat{\theta}} \tag{15}$$

el cual es un conveniente y muy utilizado indicador de la precisión obtenida en la encuesta. En este caso particular puede expresarse como:

$$cve(\hat{t}_{y\pi}) = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{t}_{y\pi})}}{\hat{t}_{y\pi}} \tag{16}$$

2.1.5. El estimador de la razón y su varianza

Una razón se define como el cociente de dos totales poblacionales

$$R = \frac{t_y}{t_z} \tag{17}$$

El estimador (no-lineal)de R está dado por:

$$\hat{R} = \frac{\hat{t}_{y\pi}}{\hat{t}_{z\pi}} = \frac{\sum_s d_k y_k}{\sum_s d_k z_k} \tag{18}$$

El límite superior para el sesgo de $\hat{R}$ en el caso de un diseño arbitrario es presentado por Särndal et al (1992, pp.176-177). El sesgo de la estadística $\hat{R}$ dada por (18), satisface:

$$\frac{[E(\hat{R}) - R]^2}{V(\hat{R})} \leq \frac{V(\hat{t}_{z\pi})}{t_z^2} \tag{19}$$

El resultado anterior permite la siguiente conclusión, si el sesgo relativo de $\hat{R}$ se define como:

$$BR(\hat{R}) = \frac{B(\hat{R})}{\{V(\hat{R})\}^{1/2}} = \frac{E(\hat{R}) - R}{\{V(\hat{R})\}^{1/2}} \tag{20}$$

Se cumple que:

$$[BR(\hat{R})]^2 \leq \frac{V(\hat{t}_{z\pi})}{t_z^2} \tag{21}$$

Lo cual indica que si el error estándar relativo de

$$\hat{t}_{z\pi} = \frac{[V(\hat{t}_{z\pi})]^{1/2}}{|t_z|}$$

se aproxima a cero cuando el tamaño aumenta (como usualmente ocurre), el sesgo de la razón $\hat{R}$ también va a tender a cero.

La varianza del estimador de razón se obtiene como resultado de aplicar la técnica de linealización de Taylor (Ver Särndal et al. (1992, pp. 178-179)). Un primer resultado de la aplicación de esta técnica es que la razón $\hat{R} = \hat{t}_{y\pi}/\hat{t}_{z\pi}$ es aproximada como sigue:

$$\hat{R} \doteq \hat{R}_0 = R + \frac{1}{t_z} \sum_s \frac{y_k - Rz_k}{\pi_k} \tag{22}$$

El estimador $\hat{R}$ es aproximadamente insesgado para R, con varianza aproximada por:

$$AV(\hat{R}) = V(\hat{R}_0) = \frac{1}{t_z^2} \sum \sum_U \Delta_{kl} \frac{y_k - Rz_k}{\pi_k} \frac{y_l - Rz_l}{\pi_l} \tag{23}$$

El estimador de varianza es:

$$\hat{V}(\hat{R}) = \frac{1}{\hat{t}_{z\pi}^2} \sum\sum_s \frac{\Delta_{kl}}{\pi_{kl}} \frac{y_k - \hat{R}z_k}{\pi_k} \frac{y_l - \hat{R}z_l}{\pi_l} = \frac{1}{\hat{t}_{z\pi}^2} \sum\sum_s \frac{\Delta_{kl}}{\pi_{kl}} \frac{v_k}{\pi_k} \frac{v_l}{\pi_l} \tag{24}$$

Ejemplo 3:

Si se considera un diseño ***MAS***, con tamaño de muestra $n = fN$. Entonces $\hat{t}_{y\pi} = N\overline{y}_s$,$\hat{t}_{z\pi} = N\overline{z}_s$, y

$$\hat{R} = \frac{\overline{y}_s}{\overline{z}_s}$$

Con: $\bar{y}_s = \sum_s \frac{y_k}{n}$ y $\bar{z}_s = \sum_s \frac{z_k}{n}$

La aproximación de la varianza dada por (23) es:

$$\begin{aligned} AV(\hat{R}) &= \frac{1}{\overline{z}_U^2} \frac{1-f}{n} \frac{1}{N-1} \sum_U (y_k - Rz_k)^2 \\ &= \frac{1}{\overline{z}_U^2} \frac{1-f}{n} (S_{yU}^2 + R^2 S_{zU}^2 - 2RS_{yzU}) \end{aligned}$$

donde S_{yzU} es la covarianza poblacional. De (24) se tiene:

$$\begin{aligned} \hat{V}(\hat{R}) &= \frac{1}{\overline{z}_s^2} \frac{1-f}{n} \frac{1}{n-1} \sum_s (y_k - \hat{R}z_k)^2 \\ &= \frac{1}{\overline{z}_s^2} \frac{1-f}{n} (S_{ys}^2 + \hat{R}^2 S_{zs}^2 - 2\hat{R}S_{yzs}) \end{aligned}$$

donde,

$$S_{ys}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_s (y_k - \overline{y}_s)^2$$

y,

$$S_{yzs} = \frac{1}{n-1} \sum_s (y_k - \overline{y}_s)(z_k - \overline{z}_s)$$

2.2. El r-estimador

El uso de información auxiliar para mejorar la precisión de las estimaciones es una posibilidad en el trabajo de la teoría de muestreo. Los r-estimadores son estimadores con los que se pretende hacer uso eficiente de la información auxiliar de la población con la que cuenta el investigador.

Una variable auxiliar es cualquier variable cuya información está disponible en una etapa previa al diseño muestral. Desde este punto de vista, la información auxiliar puede aprovecharse

tanto en la etapa de selección de la muestra para asignar probabilidades de inclusión (muestreos sin reemplazo) o de selección (muestreos con reemplazo), como en la etapa de estimación, en la construcción de estimadores. Es decir, las variables auxiliares entran explícitamente dentro de la fórmula del estimador. Estos estimadores aportan una considerable reducción de varianza en comparación con el π-estimador (Estevao & Särndal, 1999).

2.2.1. El r-estimador del total y su varianza

Se asume que existen J variables auxiliares, denotadas por $x_1, \ldots, x_j, \ldots, x_J$. Para el k-ésimo elemento ($k = 1, 2, \ldots, N$) se define el vector $\mathbf{x_k} = (x_{1k}, \ldots, x_{jk}, \ldots, x_{Jk})'$. La variable de estudio Y toma el valor y_k para el k - ésimo elemento. Los valores de Y son desconocidos antes del muestreo, mientras los $\boldsymbol{x_1}, \ldots, \boldsymbol{x_N}$ son conocidos. El parámetro a estimar es el total poblacional de Y:

$$t_y = \sum_U y_k$$

cuando se han observado $(y_k, \boldsymbol{x_k})$ para cada $k \in s$, y cuando $\mathbf{x_k}$ es también conocido para los $k \in U - s$, Hidiroglou (1974) definió el estimador general de regresión como:

$$\hat{t}_{yr} = \hat{t}_{y\pi} + \sum_{j=1}^{J} \hat{B}_j (t_{x_j} - \hat{t}_{x_j\pi}) \tag{25}$$

donde $\hat{t}_{y\pi}$ es el π-estimador de t_y, $\hat{t}_{x_j\pi}$ es el π-estimador del total conocido $t_{x_j} = \sum_U x_{jk}$:

$$\hat{t}_{x_j\pi} = \sum_s \frac{x_{jk}}{\pi_k} = \sum_s \check{x}_{jk}$$

con $\check{x}_{jk} = \frac{x_{jk}}{\pi_k}$.

Adicionalmente, los coeficientes $\hat{B}_1, \ldots, \hat{B}_J$ a utilizarse resultan de suponer una relación lineal entre $(y_k, x_{1k}, \ldots, x_{Jk} : k = 1, \ldots, N)$ la cual es expresada en forma de un modelo de regresión ξ con las siguientes características (Särndal et.al, 2002, p.226):

- Se asume que $y_1, \ldots, y_N$ son realizaciones independientes de las variables aleatorias $Y_1, \ldots, Y_N$
- El valor esperado con respecto al modelo ξ está dado por: $E_\xi(Y_k) = \sum_{j=1}^{J} \beta_j x_{jk} (k = 1, \ldots, N)$, y
- La varianza con respecto al modelo ξ se supone como: $V_\xi(Y_k) = \sigma_k^2 (k = 1, \ldots, N)$

En este caso $\beta_1, \ldots, \beta_J$ y $\sigma_1, \ldots, \sigma_J$ son parámetros del modelo. De acuerdo a esto la forma de los $\hat{B}_j$ está dada por:

$$\hat{\mathbf{B}} = (\hat{B}_1, \ldots, \hat{B}_J)' = \Big(\sum_s \frac{\mathbf{x_k} \mathbf{x_k'}}{\sigma_k^2 \pi_k} \Big)^{-1} \sum_s \frac{\mathbf{x_k} y_k}{\sigma_k^2 \pi_k} \tag{26}$$

La idea es establecer un modelo ξ que con ayuda de la información auxiliar explique de la mejor forma el comportamiento de la variable en estudio Y. Es importante notar que el modelo sirve para encontrar los $\hat{\mathbf{B}}$ apropiados para la fórmula del estimador de regresión. Särndal et al. (1992.p.227) afirma que la eficiencia del r-estimador, en comparación con el π-estimador, va a depender de la bondad del ajuste. Es decir, a mayor correlación entre las variables X y Y, mayor será la precisión del r-estimador en comparación con el π-estimador.

Visto de otra forma, una segunda expresión sugiere que dada la muestra s, el ajuste muestral del modelo ξ produce $\hat{\mathbf{B}}$, y para, $k = 1, \ldots, N$, los valores ajustados:

$$\hat{y} = \mathbf{x_k'}\hat{\mathbf{B}} = \sum_{j=1}^{J} \hat{B}_j x_{jk} \tag{27}$$

los residuales de ajuste muestral, se definen como:

$$e_{ks} = y_k - \hat{y}_k \tag{28}$$

Con base en esto, el estimador de regresión puede ser expresado como:

$$\begin{aligned} \hat{t}_{yr} &= \sum_U \hat{y}_k + \sum_s \frac{e_{ks}}{\pi_k} \\ &= \sum_U \hat{y}_k + \sum_s \check{e}_{ks} \end{aligned} \tag{29}$$

Si se definen los vectores: $\mathbf{t_x} = (t_{x_1}, \ldots, t_{x_J})'$ y su π-estimador $\hat{\mathbf{t}}_{\mathbf{x}\pi} = (\hat{t}_{x_1\pi}, \ldots, \hat{t}_{x_J\pi})'$. Con esta notación se puede escribir:

$$\hat{t}_{yr} = \hat{t}_{y\pi} + (\mathbf{t_x} - \hat{\mathbf{t}}_{\mathbf{x}\pi})'\hat{\mathbf{B}} \tag{30}$$

Expresando a $\mathbf{B}$ como:

$$\mathbf{B} = \mathbf{T^{-1}t} \tag{31}$$

donde

$$\mathbf{T} = \sum_U \frac{\mathbf{x_k x_k'}}{\sigma_k^2}; \qquad \mathbf{t} = \sum_U \frac{\mathbf{x_k} y_k}{\sigma_k^2} \tag{32}$$

Los π-estimadores insesgados de $\mathbf{T}$ y $\mathbf{t}$ respectivamente, están dados por:

$$\hat{\mathbf{T}} = \sum_s \frac{\mathbf{x_k x_k'}}{\sigma_k^2 \pi_k}; \qquad \hat{\mathbf{t}} = \sum_s \frac{\mathbf{x_k} y_k}{\sigma_k^2 \pi_k} \tag{33}$$

de donde:

$$\hat{\mathbf{B}} = \hat{\mathbf{T}}^{-1}\hat{\mathbf{t}} \tag{34}$$

Reemplazando a $\hat{\mathbf{B}}$ de la expresión (30) por el que se presenta en (34), se obtiene la siguiente forma para el r-estimador en (30).

$$\begin{aligned} \hat{t}_{y\pi} + (\mathbf{t_x} - \hat{\mathbf{t}}_{\mathbf{x}\pi})'\hat{\mathbf{B}} &= \sum_s \check{y}_k + (\mathbf{t_x} - \hat{\mathbf{t}}_{\mathbf{x}\pi})'\hat{\mathbf{T}}^{-1} \sum_s \mathbf{x_k}\check{y}_k/\sigma_k^2 \\ &= \sum_s [1 + (\mathbf{t_x} - \hat{\mathbf{t}}_{\mathbf{x}\pi})'\hat{\mathbf{T}}^{-1}\mathbf{x_k}/\sigma_k^2]\check{y}_k \end{aligned}$$

De esta forma si se define:

$$g_{ks} = 1 + (\mathbf{t_x} - \hat{\mathbf{t}}_{\mathbf{x}\pi})'\hat{\mathbf{T}}^{-\mathbf{1}}\mathbf{x_k}/\sigma_k^2 \tag{35}$$

El r-estimador se puede expresar como:

$$\hat{t}_{yr} = \sum_s g_{ks}\check{y}_k = \sum_s g_{ks}\frac{y_k}{\pi_k} \tag{36}$$

Para encontrar una expresión final del r-estimador, para $k = 1, \ldots N$ se definen los valores ajustados:

$$y_k^0 = \mathbf{x_k'B} \tag{37}$$

y los residuales de ajuste poblacional

$$E_k = y_k - y_k^0 \tag{38}$$

Dado que $y_k = y_k^0 + E_k$, de (36) se tiene que:

$$\hat{t}_{yr} = \sum_s g_{ks}(\check{y}_k^0 + \check{E}_k) \tag{39}$$

Se deduce sencillamente que:

$$\hat{t}_{yr} = \sum_U y_k^0 + \sum_s g_{ks}\check{E}_k \tag{40}$$

El estimador de regresión $\hat{t}_{yr}$ dado por la ecuación (25), es aproximado a través de la técnica de linealización de Taylor por:

$$\begin{aligned}\hat{t}_{yr0} &= \hat{t}_{y\pi} + (\boldsymbol{t_x} - \hat{\boldsymbol{t}}_{\boldsymbol{x\pi}})'\hat{\boldsymbol{B}} \\ &= \sum_U y_k^0 + \sum_s \check{E}_k\end{aligned} \tag{41}$$

El estimador $\hat{t}_{yr}$ es aproximadamente insesgado para t con varianza aproximada por:

$$AV(\hat{t}_{yr}) = \sum\sum_U \Delta_{kl}\frac{E_k}{\pi_k}\frac{E_l}{\pi_l} \tag{42}$$

y estimador de varianza:

$$\hat{V}(\hat{t}_{yr}) = \sum\sum_s \frac{\Delta_{kl}}{\pi_{kl}}(g_{ks}\check{e}_{ks})(g_{ls}\check{e}_{ls}) \tag{43}$$

Ejemplo 4: Los siguientes modelos se presentan para el caso en que se cuenta con una única variable auxiliar x, es decir $\mathbf{x_k} = (x_{1k}) = x_k$, donde $x_1, x_2, \ldots, x_k$ se asumen > 0.

i. Modelo Heterocedástico sin intercepto:

$$\begin{aligned}E_\xi(y_k) &= \beta x_k \\ V_\xi(y_k) &= \sigma^2 x_k\end{aligned} \tag{44}$$

Según se presenta en Särndal et al. (1992) para este modelo :

$$\hat{B} = \frac{\sum_s \check{y}_k}{\sum_s \check{x}_k} \tag{45}$$

Aquí: $\sum_s \check{y}_k = \sum_s \frac{y_k}{\pi_k}$ y $\sum_s \check{x}_k = \sum_s \frac{x_k}{\pi_k}$. En consecuencia, el estimador de regresión bajo este modelo es:

$$\hat{t}_{yraz} = \sum_U x_k \frac{\sum_s \check{y}_k}{\sum_s \check{x}_k} = t_x \frac{\hat{t}_{y\pi}}{\hat{t}_{x\pi}} \tag{46}$$

el cual se denomina *estimador de razón constante.*

Krapavickaite y Plikusas(2005) presentan una expresión para la varianza aproximada del estimador de regresión bajo el supuesto de un modelo heterocedástico sin intercepto como:

$$\begin{aligned} AV(\hat{t}_{yraz}) &= V(\hat{t}_{y\pi} - \frac{t_y}{t_x}\hat{t}_{x\pi}) \\ &= V(\hat{t}_{y\pi}) + (\frac{t_y}{t_x})^2 V(\hat{t}_{x\pi}) - 2\frac{t_y}{t_x} Cov(\hat{t}_{y\pi}, \hat{t}_{x\pi}) \end{aligned} \tag{47}$$

ii. Modelo Homocedástico con intercepto:

$$\begin{aligned} E_\xi(y_k) &= \beta_1 + \beta_2 x_k \quad k = 1, 2, \ldots, N \\ V_\xi(y_k) &= \sigma^2 \end{aligned} \tag{48}$$

En este caso se tiene: $\mathbf{x_k} = (1, x_k)'$, $\mathbf{B} = (B_1, B_2)'$ y

$$\hat{\mathbf{B}} = \begin{pmatrix} \hat{B}_1 \\ \hat{B}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{y}_s - \hat{B}_2 \tilde{x}_s \\ \hat{B}_2 \end{pmatrix}$$

donde $\hat{B}_2$ está dado por:

$$\hat{B}_2 = \frac{\sum_s (x_k - \tilde{x}_s)(y_k - \tilde{y}_s)/\pi_k}{\sum_s (x_k - \tilde{x}_s)^2/\pi_k} \tag{49}$$

con

$$\tilde{x}_s = \frac{\sum_s \check{x}_k}{\hat{N}}; \qquad \tilde{y}_s = \frac{\sum_s \check{y}_k}{\hat{N}}; \qquad \hat{N} = \sum_s \frac{1}{\pi_k}$$

en consecuencia, haciendo el álgebra correspondiente el estimador de regresión bajo este modelo es:

$$\hat{t}_{yreg} = N[\tilde{y}_s + \hat{B}_2(\overline{x}_U - \tilde{x}_s)] \tag{50}$$

2.2.2. Estimador de la razón usando estimadores de regresión

En 2.1.5 se planteó la estimación de la razón como el cociente de dos π-estimadores. De igual forma se plantea en esta sección, la posibilidad de estimar este parámetro como un cociente de dos estimadores de regresión. La expresión de este estimador será diferente según el modelo ξ que se escoja para los estimadores de los totales en numerador y denominador.

Sean las variables y y z definidas sobre U tal que toman los valores $\{y_1, y_2, \ldots, y_N\}$ y $\{z_1, z_2, \ldots, z_N\}$, respectivamente. Sean t_y y t_z los totales desconocidos de y y z:

$$t_y = \sum_{k=1}^{N} y_k, \qquad t_z = \sum_{k=1}^{N} z_k$$

Adicionalmente suponga que se dispone de información auxiliar para las variables x correlacionada con y y x^* correlacionada con z, las cuales tienen valores poblacionales conocidos $\{x_1, x_2, \ldots, x_N\}$ y $\{x_1^*, x_2^*, \ldots, x_N^*\}$. Se asume que los totales poblacionales:

$$t_x = \sum_{k=1}^{N} x_k, \qquad t_x^* = \sum_{k=1}^{N} x_k^*$$

y la razón $R_0 = t_x/t_x^*$ son conocidos.

Al establecer como modelo de estimación de los totales al estimador de razón constante definido previamente, se obtiene el estimador $\hat{R}_{raz}$ para la razón $R = \frac{t_y}{t_z}$:

$$\hat{R}_{raz} = \frac{\frac{\hat{t}_{y\pi}}{\hat{t}_{x\pi}} t_x}{\frac{\hat{t}_{z\pi}}{\hat{t}^*_{x\pi}} t_x^*} = \frac{t_x}{t_x^*} \frac{\hat{t}_{y\pi}\hat{t}^*_{x\pi}}{\hat{t}_{z\pi}\hat{t}_{x\pi}} = R_0 \frac{\hat{t}_{y\pi}\hat{t}^*_{x\pi}}{\hat{t}_{z\pi}\hat{t}_{x\pi}} \tag{51}$$

Una aproximación de la varianza del estimador $\hat{R}_{raz}$ es encontrada a través del primer término de la expansión de la serie de Taylor del estimador. Tomando derivadas parciales de $\hat{R}_{raz}$ respecto a $\hat{t}_{y\pi}$, $\hat{t}_{z\pi}$, $\hat{t}_{x\pi}$ y $\hat{t}^*_{x\pi}$ en el punto $(\hat{t}_{y\pi}, \hat{t}_{z\pi}, \hat{t}_{x\pi}, \hat{t}^*_{x\pi}) = (t_y, t_z, t_x, t_x^*)$. Krapavickaite y Plikusas (2005) presentan las expresiones obtenidas de la linealización de Taylor para la varianza aproximada $AV(\hat{R}_{raz})$

$$AV(\hat{R}_{raz}) = V(\hat{R}^l_{raz}) = \frac{1}{t_z^2} V((\hat{t}_{y\pi} - R\hat{t}_{z\pi}) - R_{1raz}(\hat{t}_{x\pi} - R_0\hat{t}^*_{x\pi})) \tag{52}$$

Con $\hat{R}^l_{raz} = R\Big(1 + \frac{\hat{t}_{y\pi} - R\hat{t}_{z\pi}}{t_y} - \frac{\hat{t}_{x\pi} - R_0\hat{t}^*_{x\pi}}{t_x}\Big)$ que se deriva de la linealización del estimador, y $R_{1raz} = t_y/t_x$.

El estimador de la varianza de $\hat{R}_{raz}$ se deriva de la expresión (24) con:

$$v_k = y_k - \hat{R}z_k - \frac{\hat{t}_{y\pi}}{\hat{t}_{x\pi}} x_k + \frac{\hat{t}_{y\pi}}{\hat{t}^*_{x\pi}} x_k^*$$

La expresión general para el estimador de regresión bajo cualquier modelo ξ, fue presentada en (25). Sea t_x el total de la variable auxiliar x conocido. El estimador del total t_y:

$$\hat{t}_{yr} = \hat{t}_{y\pi} + (t_x - \hat{t}_{x\pi})\hat{B}_y$$

con:

$$\hat{B}_y = \frac{\sum_{k\in s} d_k(y_k - \hat{\mu}_y)(x_k - \hat{\mu}_x)}{\sum_{k\in s} d_k(x_k - \hat{\mu}_x)^2} = \frac{\widehat{Cov}(y,x)}{\widehat{Var}(x)},$$

$\hat{\mu}_y = \frac{\hat{t}_{y\pi}}{N}$, $\hat{\mu}_x = \frac{\hat{t}_{x\pi}}{N}$.

La estimación de t_z se obtiene de manera análoga con:

$$\hat{B}_z = \frac{\widehat{Cov}(z, x^*)}{\widehat{Var}(x^*)}$$

Usando esta expresión en el numerador y el denominador de la razón $R = t_y/t_z$ se obtiene el estimador de regresión para la razón $\hat{R}_{reg}$ (Krapavickaite y Plikusas (2005)):

$$\hat{R}_{reg} = \frac{\hat{t}_{y\pi} + (t_x - \hat{t}_{x\pi})\hat{B}_y}{\hat{t}_{z\pi} + (t_x^* - \hat{t}_{x\pi}^*)\hat{B}_z} \tag{53}$$

Krapavickaite y Plikusas (2005) presentan las expresiones obtenidas de la linealización de Taylor para la varianza aproximada $AV(\hat{R}_{reg})$

$$AV(\hat{R}_{reg}) = V(\hat{R}_{reg}^l) = \frac{1}{t_z^2} V((\hat{t}_{y\pi} - R\hat{t}_{z\pi}) - (\hat{t}_{x\pi}B_y - R\hat{t}_{x\pi}^* B_z)) \tag{54}$$

Con:

$$\hat{R}_{reg}^l = R + \frac{1}{t_z}((\hat{t}_{y\pi} - t_y) - B_y(\hat{t}_{x\pi} - t_x) - R(\hat{t}_{z\pi} - t_z) + RB_z(\hat{t}_{x\pi}^* - t_x^*)$$

que se deriva de la linealización del estimador, y $B_y = \frac{Cov(y,x)}{Var(x)}$.

El estimador de la varianza de $\hat{R}_{reg}$ se deriva de la expresión (24) con:

$$v_k = y_k - \hat{R}z_k - \hat{B}_y x_k + \hat{R}\hat{B}_z x_k^*$$

2.3. Estimadores de Calibración

La incorporación de información auxiliar como una alternativa de definición y/o ajuste de ponderaciones en un diseño muestral ha sido propuesta por diferentes autores, entre las alternativas en la literatura se destacan los estimadores de regresión, post-estratificación y calibración.

El concepto de calibración ha sido el tema central de varios de los más recientes artículos de muestreo publicados por las revistas especializadas, dado que esta idea ofrece una posibilidad práctica de involucrar información auxiliar en la estimación de diferentes parámetros poblacionales y enmarca varias alternativas ampliamente conocidas y aplicadas.

Särndal (2007, p.99) propone la siguiente definición para la aproximación por calibración.

"*Definición*: La metodología de calibración para estimación en poblaciones finitas consiste en:

- La determinación de pesos o factores de expansión, incorporando información auxiliar para calcular factores de ajuste a los pesos originalmente definidos en el diseño muestral.

- El uso de estos pesos para calcular estimaciones de totales y otros parámetros en poblaciones finitas.

- El aprovechamiento de los ajustes de calibración para reducir significativamente la contribución del sesgo en presencia de no-respuesta y otros errores no muestrales."

A continuación se presentan algunas otras definiciones de calibración que son tomadas de Särndal (2007):

- Ardilly (2006) define calibración como un método de re-ponderación utilizado cuando se tiene acceso a variables auxiliares, cualitativas o cuantitativas, a partir de las cuales se desea llevar a cabo un ajuste a los pesos del diseño.

- Kott (2006) define los pesos de calibración como un conjunto de pesos para las unidades muestrales, que ajustan la estimación a totales poblacionales conocidos. En condiciones específicas, la contribución asintótica del sesgo del diseño al error cuadrático medio del estimador es insignificante. Esta propiedad se denomina "aproximadamente diseño insesgado" o "consistente en diseño"

- Statistics Canada (2003) define calibración como: "... un procedimiento que puede ser utilizado para incorporar información auxiliar. Este procedimiento ajusta los pesos muestrales por multiplicadores conocidos como factores de calibración que permiten que las estimaciones concuerden con totales poblacionales conocidos. Los pesos resultantes son llamados pesos de calibración o pesos finales de la estimación. Estos pesos de calibración generalmente producen estimaciones "consistente en diseño" y tienen una varianza menor a la del estimador de Horvitz-Thompson".

2.3.1. El estimador de calibración para un total

Sea y_k el valor de una variable de interés Y, para el k-ésimo elemento de la población, con el cual está asociado el vector de información auxiliar $\mathbf{x}_k = (x_{k1}, \ldots, x_{kj}, \ldots, x_{kJ})'$. Para cada elemento $k \in s$, se tiene $(y_k, \mathbf{x}_k)$. La información auxiliar tiene la forma matricial:

$$\mathbf{X}' = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1J} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2J} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{k1} & x_{k2} & \cdots & x_{kj} & \cdots & x_{kJ} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{N1} & x_{N2} & \cdots & x_{Nj} & \cdots & x_{NJ} \end{pmatrix} \tag{55}$$

El vector de totales poblacionales de $\mathbf{x}$, está dado por: $\mathbf{t}_x = \sum_U \mathbf{x}_k$. Trasponiendo la matriz anterior, se puede observar claramente la estructura del vector $\mathbf{t}_\mathbf{x}$:

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{21} & \cdots & x_{k1} & \cdots & x_{N1} \\ x_{12} & x_{22} & \cdots & x_{k2} & \cdots & x_{N2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{1j} & x_{2j} & \cdots & x_{kj} & \cdots & x_{Nj} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{1J} & x_{2J} & \cdots & x_{kJ} & \cdots & x_{NJ} \end{pmatrix} \tag{56}$$

Entonces:

$$\mathbf{t}_\mathbf{x} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^N x_{i1} \\ \sum_{i=1}^N x_{i2} \\ \cdots \\ \sum_{i=1}^N x_{ij} \\ \cdots \\ \sum_{i=1}^N x_{iJ} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_{x_1} \\ t_{x_2} \\ \cdots \\ t_{x_j} \\ \cdots \\ t_{x_J} \end{pmatrix} \tag{57}$$

El objetivo del estimador de calibración es estimar el total poblacional, extendiendo una idea de Lernel(1976) y Deville(1988) en la que proponen calibración sobre los totales de la variable auxiliar $\mathbf{x}$, para modificar los pesos básicos del diseño muestral $d_k = 1/\pi_k$ que propone el estimador de Horvitz-Thompson:

$$\hat{t}_{y\pi} = \sum_s \frac{y_k}{\pi_k} = \sum_s d_k y_k$$

Se construye un nuevo estimador $\hat{t}_{yw} = \sum_s w_k y_k$. En el cual los pesos w_k sean lo más cercanos posible a los d_k respecto una métrica dada y sujeto a la restricción $\sum_s w_k \mathbf{x}_k = \mathbf{t}_x$. Esta aproximación para encontrar los pesos de calibración es denominada "método de mínima distancia" por Särndal(2007).

El método de mínima distancia requiere la selección de una función de distancia $G_k(w, d)$, definida para cada $w > 0$, tal que $G_k(w, d) \geq 0$, $G_k(d, d) = 0$, diferenciable con respecto a w, estrictamente convexa, con derivada continua $g_k(w, d) = \partial G_k(w, d)/\partial w$ tal que $g_k(d, d) = 0$. Usualmente la función de distancia es escogida tal que $g_k(w, d) = g(w/d)/q_k$, donde q_k son factores escalares positivos que deben ser apropiadamente escogidos.

Es posible encontrar un conjunto diferente de pesos y una expresión del estimador de calibración según la función de distancia escogida. Deville y Särndal (1992) presentan diferentes alternativas de métricas o funciones de distancia y sus respectivos estimadores de calibración derivados. Una primera propuesta consiste en ajustar los pesos muestrales considerando procedimientos controlados de ponderación a través del método de *"mínimos cuadrados generalizados"*.

Si $E_p(.)$ denota la esperanza con respecto al diseño muestral $p(.)$, una medida de distancia promedio que surge de la distancia chi-cuadrado es:

$$E_p\left\{\sum_s \frac{(w_k - d_k)^2}{d_k q_k}\right\} \tag{58}$$

Los valores q_k, son mayores que cero y se definen como pesos adicionales de libre escogencia por parte del investigador. Por ejemplo, esta ponderación puede ser $1/q_k = 1/x_k$, en este caso el estimador de calibración para el total coincide con el estimador de regresión correspondiente al modelo en la ecuación (44).

Para derivar nuevos pesos que modifiquen lo menos posible los pesos muestrales originales $d_k = 1/\pi_k$ los cuales tienen la propiedad de insesgamiento. Se debe buscar el mínimo de (58) sujeto a:

$$\sum_s w_k \mathbf{x}_k = \mathbf{t}_x \tag{59}$$

Esto es equivalente a minimizar para cualquier muestra s la cantidad:

$$\sum_s \frac{(w_k - d_k)^2}{d_k q_k} \tag{60}$$

No se puede afirmar que los nuevos pesos que se obtienen mantengan el insesgamiento de los estimadores, pero se pueden mantener muy cerca de dicha condición. La minimización lleva al peso calibrado:

$$w_k = d_k(1 + q_k \mathbf{x}_k' \lambda) \tag{61}$$

donde λ es el vector de multiplicadores de Lagrange derivado de la minimización.

$$\lambda = (\sum_s d_k q_k \mathbf{x}_k \mathbf{x}_k')^{-1}(\mathbf{t_x} - \hat{\mathbf{t}}_{\mathbf{x}\pi}) = \mathbf{T_s^{-1}}(\mathbf{t_x} - \hat{\mathbf{t}}_{\mathbf{x}\pi}) \tag{62}$$

Asumiendo que la inversa de $\mathbf{T}$ existe. El estimador resultante de t_y es:

$$\hat{t}_{yw} = \sum_s w_k y_k = \hat{t}_{y\pi} + (\mathbf{t_x} - \hat{\mathbf{t}}_{\mathbf{x}\pi})'\hat{\mathbf{B}}_s \tag{63}$$

con:

$$\hat{\mathbf{t}}_{x\pi} = \sum_s d_k \mathbf{x}_k, \qquad \hat{\mathbf{B}}_s = \mathbf{T}_s^{-1} \sum_s d_k q_k \mathbf{x}_k y_k$$

2.3.2. El estimador de calibración para una razón

Sean las variables y y z definidas sobre U tal que toman los valores $\{y_1, y_2, \ldots, y_N\}$ y $\{z_1, z_2, \ldots, z_N\}$, respectivamente. Sean t_y y t_z los totales desconocidos de y y z:

$$t_y = \sum_{k=1}^{N} y_k, \qquad t_z = \sum_{k=1}^{N} z_k$$

Estamos interesados en la estimación de la razón de dos totales $R = t_y/t_z$. Bajo el supuesto de contar con información auxiliar para las variables x y x^* las cuales tienen valores poblacionales conocidos $\{x_1, x_2, \ldots, x_N\}$ y $\{x_1^*, x_2^*, \ldots, x_N^*\}$. Asumimos que los totales poblacionales:

$$t_x = \sum_{k=1}^{N} x_k, \qquad t_x^* = \sum_{k=1}^{N} x_k^*$$

y la razón $R_0 = t_x/t_x^*$ son conocidos.

Como se ha visto en las secciones anteriores, el estimador de la razón se conforma por el cociente de los estimadores de los totales, de esta forma se propone el estimador de calibración $\hat{R}_w$ para la razón:

$$\hat{R}_w = \frac{\sum_{k\in s} w_k y_k}{\sum_{k\in s} w_k z_k} \tag{64}$$

Krapavickaite y Plikusas (2005), definieron a este estimador como estimador calibrado si los pesos w_k minimizan la función de distancia (60) y estiman la razón R_0 de totales de las variables auxiliares x y x^* sin error. Para lo cual se define la restricción:

$$\frac{\sum_{k\in s} w_k x_k}{\sum_{k\in s} w_k x_k^*} = \frac{\sum_{k\in U} x_k}{\sum_{k\in U} x_k^*} = \frac{t_x}{t_x^*} = R_0 \tag{65}$$

Plikusas (2006) publicó que los pesos w_k del estimador calibrado de una razón, los cuales minimizan (60) con $q_k \equiv 1$ y que satisface (65), pueden expresarse como:

$$w_k = d_k\Big(1 - \frac{\sum_{l\in s} d_l(x_l - R_0 x_l^*)}{\sum_{l\in s} d_l(x_l - R_0 x_l^*)^2}(x_k - R_0 x_k^*)\Big), k \in s \tag{66}$$

Reemplazando w_k en (64) se obtiene un estimador no insesgado que se denomina $\hat{R}_{cal}$ y se expresa de la siguiente forma:

$$\hat{R}_{cal} = \frac{\hat{t}_{y\pi}\hat{t}_1 - \hat{t}_2\hat{t}_3}{\hat{t}_{z\pi}\hat{t}_1 - \hat{t}_2\hat{t}_4} \tag{67}$$

Con

$$\hat{t}_1 = \sum_{k\in s} d_k(x_k - R_0 x_k^*)^2, \qquad \hat{t}_2 = \sum_{k\in s} d_k(x_k - R_0 x_k^*),$$

$$\hat{t}_3 = \sum_{k\in s} d_k(x_k - R_0 x_k^*)y_k, \qquad \hat{t}_4 = \sum_{k\in s} d_k(x_k - R_0 x_k^*)z_k,$$

Como se presentó anteriormente en el caso del estimador de regresión, por medio de linealización de Taylor se obtiene una expresión aproximada de la varianza del estimador $\hat{R}_{cal}$.

$$AV(\hat{R}_{cal}) = \frac{1}{t_z^2} V((\hat{t}_{y\pi} - R\hat{t}_{z\pi}) + R_{1cal}(\hat{t}_{x\pi} - R_0\hat{t}_{x\pi}^*))$$

$$R_{1cal} = \frac{Rt_4 - t_3}{t_1}, \qquad t_1 = \sum_{k=1}^{N}(x_k - R_0 x_k^*)^2, \qquad t_2 = \sum_{k=1}^{N}(x_k - R_0 x_k^*) = 0,$$

$$t_3 = \sum_{k=1}^{N}(x_k - R_0 x_k^*)y_k, \qquad t_4 = \sum_{k=1}^{N}(x_k - R_0 x_k^*)z_k$$

2.4. Tratamiento de la no-respuesta

Las estrategias para el tratamiento de la no-respuesta pueden ser clasificadas como sigue:

1. Antes y durante de la recolección de datos, tomando medidas efectivas para reducir la no-respuesta a niveles insignificantes, de tal forma que cualquier tasa de no-respuesta tenga un mínimo o ningún efecto en la validez de las inferencias.
2. Especiales y así mismo costosas técnicas de recolección de datos y estimación que permitan obtener estimaciones insesgadas.
3. Suponer modelos acerca del mecanismo de respuesta los cuales son utilizados para construir estimadores que ajusten niveles de no-respuesta de tal forma que no se puedan considerar dañinos.

2.4.1. Aspectos operativos

Aún en las encuestas con mayor cuidado en la planeación, la no-respuesta ocurre. Por supuesto lo que varía de una encuesta a otra o de una encuesta y su repetición, es la extensión y el efecto de la no-respuesta. Hay una gran variedad de causas para la no-respuesta:

1. En encuestas por correo puede que el cuestionario no sea devuelto o que lo devuelvan incompleto.
2. En encuestas personales es posible que algunos entrevistados no quieran o no puedan responder algunas preguntas o no respondan la totalidad del cuestionario.
3. Es posible que las personas seleccionadas en la muestra no se encuentren en su lugar de ubicación y que a pesar de varios intentos no sea posible contactarlas.

La encuesta ideal no debería tener problemas de no-respuesta. Para acercarse a esta idea se requiere una cuidadosa planeación que en general implica un costo considerable, debido a que se tienen que conocer de antemano las estrategias que pueden influenciar la respuesta. La selección, entrenamiento y supervisión de los entrevistadores son factores de gran relevancia. La selección del método de recolección de datos (entrevista personal, telefónica, correo u otra) es importante, así como la longitud y contenido del cuestionario. En una encuesta continua (repetida), la frecuencia con la cual los individuos deben participar es un aspecto importante a considerar. Por esto, la actitud hacia el manejo de la no-respuesta es un factor cuya importancia no debe ser subestimada.

2.4.2. Estimación en presencia de no-respuesta

En general para cualquier diseño muestral $p(.)$, bajo el cual se selecciona una muestra aleatoria s, se busca observar los elementos muestreados con respecto a q variables en estudio

$y_{1k}, \ldots, y_{lk}, \ldots, y_{qk}$. Donde y_{lk} es el valor de la variable l para el elemento k y n_s es el tamaño de la muestra s.

Se tiene una encuesta con respuesta completa si luego de recolectar los datos, para cada $k \in s$ se tiene un vector completo de dimensión q con los valores observados: $y_k = (y_{1k}, \ldots, y_{lk}, \ldots, y_{qk})$. Estos valores forman una matriz de datos de dimensión $n_s \times q$ sin valores faltantes. En los casos en que esta matriz no es completa el investigador debe enfrentar el problema de la no-respuesta.

Sea r_l el l-ésimo conjunto de respuesta, que es un subconjunto de la muestra s para el cual se obtuvieron respuestas aceptables en la l-ésima variable:

$$r_l = \{k : k \in s, \textit{tal que } \ y_{lk} \ \textit{ es observado}\} \tag{68}$$

En una encuesta usualmente se tienen tantos conjuntos de respuesta como variables en estudio $r_1, \ldots, r_q$. En caso de una encuesta por muestreo, el conjunto s es escogido con un diseño muestral conocido y el conjunto de respuesta r_l es un subconjunto de s. Algunas de las dificultades causadas por la presencia de no-respuesta son:

1. Usualmente no se sabe cómo se generan los conjuntos de respuesta r_l. Se supone que la respuesta tiene una cierta probabilidad $p_j(r_l \mid s)$ de ocurrir en una muestra seleccionada s. Sin embargo, esta probabilidad es usualmente desconocida y para obtener conclusiones estadísticas sobre la población con los datos de los encuestados, se tienen que hacer supuestos sobre la distribución de $p_j(r_l \mid s)$ y tales supuestos no pueden ser verificados usualmente, de tal forma que la validez de las inferencias depende de la verdad de supuestos no verificables, lo cual no es lo deseado.

2. La ocurrencia de no-respuesta hace la estimación más compleja. Tanto el estimador $\hat{\theta}$ de un parámetro θ, como $\hat{V}(\hat{\theta})$ estimador de la varianza de $\hat{\theta}$, requieren fuertes cálculos, mayores al caso de respuesta completa.

3. Para el procesamiento de datos, tener conjuntos de respuesta diferentes para cada una de las variables en estudio, como realmente ocurre en la práctica, puede ser una desventaja, ya que esto exige un tratamiento separado para cada variable de estudio en la etapa de estimación, lo cual puede generar un atraso en la publicación de resultados.

Diferentes metodologías para el tratamiento de la no-respuesta tanto durante la colecta como en la etapa de estimación, han sido propuestas por diferentes autores. Estas técnicas tienen como principal objetivo reducir tanto el sesgo como la varianza que ocasiona la no-respuesta. En general estas técnicas han sido desarrolladas para la estimación de totales, por esta razón, este trabajo se centra en proponer una alternativa para tratamiento de la no-respuesta en la estimación de razones. Algunas de las técnicas existentes son descritas en Särndal et al. (1992) y se enuncian a continuación:

- Chequeos Telefónicos o Revisitas: el primer contacto con un elemento seleccionado puede no ser exitoso por diversas razones (no hay nadie en el hogar, la persona seleccionada está enferma, la entrevista es cortada antes de terminar). En este caso, es conveniente planear una o más revisitas en otros horarios y con personal con características especiales y más experiencia. Las revisitas pueden dar información valiosa acerca de los efectos selectivos de la no respuesta, debido a que en algunos casos la propensión a responder está relacionada con variables importantes para la encuesta. Estos chequeos o revisitas apuntan a eliminar o al menos a reducir ampliamente la no respuesta. Sin embargo, estas técnicas tienden a aumentar los costos y los tiempos de recolección de información.

- Sub-muestreo de No Respondientes: consiste en tomar una sub-muestra de no respondientes y hacer todo lo posible por lograr que todos los elementos de la sub-muestra contesten la encuesta. Esta idea fue desarrollada por Hansen-Hurvitz (1964) y muestra que es posible tener estimaciones insesgadas a pesar de no observar información de ciertos elementos en la muestra inicial. La exigencia de respuesta completa en la sub-muestra puede ser costosa, pero este es el requerimiento que hace posible el insesgamiento de la estimación. Se deben reservar recursos en la etapa de planeación para aplicar las medidas necesarias en la obtención de respuesta en la sub-muestra.

- Respuesta Aleatorizada: técnicas utilizada en encuestas en que se trabajan preguntas sensibles(uso de drogas, aborto, sida y evasión de impuestos). En estas encuestas, los entrevistados o se rehúsan a participar o dan respuestas falsas o evasivas. Los métodos que protegen el anonimato son una solución. Esta protección se puede manejar a través de la técnica de respuesta aleatorizada propuesta por Warner (1965), esta idea está dirigida a encuestas personales.

  Suponga que se requiere una estimación de la proporción de individuos sensibles al atributo A, como por ejemplo aborto. La propuesta original de Warner garantiza anonimato como sigue:

  1. Cada encuestado en una muestra probabilística debe seleccionar a través de una escogencia aleatorizada una de dos afirmaciones complementarias: S: Yo tengo el atributo A; S^*: Yo no tengo el atributo A.
  2. El encuestado es invitado a responder "verdadero "o "falso "para la afirmación seleccionada aleatoriamente, sin revelar cuál de las dos está respondiendo.

  El investigador conoce la probabilidad P con la cual ocurre la escogencia de la afirmación S y este conocimiento hace posible la construcción de un estimador insesgado del número o la proporción de encuestados sensibles al atributo A. Aunque el hecho de que cada individuo diga la verdad sigue siendo desconocido para el investigador.

Las dos estrategias planteadas anteriormente, tanto sub-muestreo de no respuesta como respuesta aleatorizada requieren arreglos especiales que pueden consumir tiempos y costos adicionales. Especialmente en grandes encuestas, tales arreglos pueden ser imposibles. En consecuencia, se debe aceptar en muchos casos que la no respuesta es inevitable y que con

los datos que se tienen recolectados, se deben producir las mejores estimaciones posibles. En situaciones de respuesta completa o casi completa, el uso de estimadores insesgados o aproximadamente insesgados es directa y el desafío consiste en utilizar aquellos de menor varianza. Sin embargo, en casos en que la no-respuesta es no despreciable, se requiere un mayor trabajo en la consecución de estimadores que tengan varianza pequeña y aún más importante que controlen el sesgo provocado por la no-respuesta. En general no es posible llevar este sesgo a cero pero se busca entonces evitar estimadores con altos sesgos puesto que esto impacta directamente a la confiabilidad de las estimaciones.

Särndal et al (1992), presenta una recopilación de estimadores basados en modelos de respuesta para la estimación de totales, que tienen en cuenta un conjunto de supuestos sobre la verdadera distribución de respuesta desconocida. Los supuestos sobre la respuesta juegan un papel muy importante en la justificación de diferentes estimadores de uso común y en general estimadores requieren contar con información auxiliar fuerte.

2.4.3. Calibración como tratamiento de la no-respuesta en la estimación de totales

Según Lündstrom & Särndal (1999), en ocurrencia de no-respuesta se obtiene un conjunto r de tamaño m, $r \subseteq s$, $m \leq n$ y se requiere información auxiliar poderosa para un tratamiento exitoso del error muestral y el sesgo causado por la no respuesta.

Dos posibles niveles de información pueden ser aprovechados para aportar en la reducción del sesgo y la varianza:

1. Info-S: $\mathbf{x}_k$ es conocido para todo $k \in s$
2. Info-U: $\mathbf{t}_x = \sum_U \mathbf{x}_k$ es conocido y más aún $\mathbf{x}_k$ es conocido para todo $k \in s$.

Anteriormente, se presentaron los estimadores de calibración para el total en el caso de respuesta completa. Ahora, después de especificar la información auxiliar, se calculan los pesos calibrados w_k y se construye el estimador $\hat{t}_{yw} = \sum_r w_k y_k$ de Y. Este es llamado el w-estimador. Estos w_k deben satisfacer las ecuaciones de calibración:

- Para Info-S: $\sum_r w_k \mathbf{x}_k = \sum_s d_k \mathbf{x}_k$
- Para Info-U: $\sum_r w_k \mathbf{x}_k = \sum_U \mathbf{x}_k$

La función de distancia a minimizar está dada por:

$$\sum_r \frac{(w_k - d_k)^2}{d_k q_k} \tag{69}$$

Donde q_k son valores positivos específicos.

Minimizando por el método de Lagrange, para cada uno de los tipos de información se tiene:

Para Info-U:

$$\hat{t}_{ywU} = \sum_{r} d_k v_{Uk} y_k \tag{70}$$

con:

$$v_{Uk} = 1 + q_k \Big(\sum_{U} \mathbf{x_k} - \sum_{r} d_k \mathbf{x_k} \Big)' \Big(\sum_{r} d_k q_k \mathbf{x_k} \mathbf{x_k'} \Big)^{-1} \mathbf{x_k}, \qquad k \in r \tag{71}$$

Para Info-S:

$$\hat{t}_{ywS} = \sum_{r} d_k v_{sk} y_k \tag{72}$$

con:

$$v_{Sk} = 1 + q_k \Big(\sum_{s} d_k \mathbf{x_k} - \sum_{r} d_k \mathbf{x_k} \Big)' \Big(\sum_{r} d_k q_k \mathbf{x_k} \mathbf{x_k'} \Big)^{-1} \mathbf{x_k}, \qquad k \in r \tag{73}$$

3. Estimador de calibración para la no-respuesta en la estimación de razones

En el capítulo anterior, se presentaron los estimadores disponibles en la literatura para la estimación de razones en respuesta completa: $\hat{R}$ correspondiente al cociente de $\pi-$estimadores del total, $\hat{R}_{raz}$ y $\hat{R}_{reg}$ cocientes de estimadores de regresión con diferentes supuestos sobre el modelo, y $\hat{R}_{cal}$ el estimador de calibración para la razón. Adicionalmente, se incluyó una breve reseña de alternativas para tratamiento de la no-respuesta en la estimación de totales.

De acuerdo a lo planteado anteriormente, es posible dar tratamiento a la no-respuesta para reducir el tamaño del sesgo en las estimaciones, a partir de ajustes a las ponderaciones originales del diseño, obteniendo importantes reducciones de sesgo y varianza cuando se están estimando totales. Sin embargo, no se encuentra en la bibliografía un mayor detalle sobre el impacto de realizar ajustes similares en la estimación de razones.

En la primera sección de este capítulo se presentan las expresiones matemáticas correspondientes a los estimadores de razón realizando tratamiento a la no-respuesta a través de ajustes a las ponderaciones originales del diseño, en una sección posterior se presenta un análisis de sus propiedades a través de un estudio de simulación.

En la segunda sección de este capítulo se presenta la propuesta de un estimador de calibración que encuentra pesos calibrados para la estimación de la razón en presencia de no-respuesta y con disponibilidad de información auxiliar a nivel poblacional y/o muestral.

3.1. Estimadores de razón con ajuste a las ponderaciones del diseño

Como se definió previamente, sea r el conjunto de respuesta y m_r el tamaño del mismo, con $m_r \leq n_s$. Considerando a d_k^* como:

$$d_k^* = \frac{1}{\pi_k^*} = \frac{1}{\pi_k} \times \frac{1}{\pi_{k|s,m}} = d_k \times \frac{1}{\pi_{k|s,m}} \tag{74}$$

donde $d_k = 1/\pi_k$ es el peso muestral y $1/\pi_{k|s,m}$ es el peso de ajuste por no respuesta que corresponde al inverso de la tasa de respuesta al cual el elemento pertenece. Se tiene que:

$$\hat{t}_{y\pi,nr} = \sum_r d_k^* y_k, \qquad \hat{t}_{z\pi,nr} = \sum_r d_k^* z_k,$$

$$\hat{t}_{x\pi,nr} = \sum_r d_k^* x_k, \qquad \hat{t}^*_{x\pi,nr} = \sum_r d_k^* x_k^*,$$

En los estimadores que se presentarán a continuación, se asume que la distribución de la respuesta es uniforme a través de la población.

3.1.1. Razón como cociente de π-estimadores del total

El estimador presentado en (18), puede ser ajustado por no respuesta ajustando los factores originales del diseño con base en la cantidad de muestra respondiente en relación con la cantidad total de muestra esperada. El estimador $\hat{R}_{nr}$ puede expresarse como:

$$\hat{R}_{nr} = \frac{\sum_r d_k^* y_k}{\sum_r d_k^* z_k} = \frac{\hat{t}_{y\pi,nr}}{\hat{t}_{z\pi,nr}} \tag{75}$$

En el caso particular del muestreo aleatorio simple, $\pi_k = n/N$, por lo cual $d_k = N/n$. En el caso de no-respuesta si el conjunto r de respondientes es de tamaño m, se define a:

$$\pi_{k|s,m} = \frac{m}{n}$$

De esta forma:

$$d_k^* == \frac{1}{\pi_k} \times \frac{1}{\pi_{k|s,m}} = \frac{N}{n} \times \frac{n}{m} = \frac{N}{m}$$

Por tanto el estimador $\hat{R}_{nr}$, puede expresarse como:

$$\hat{R}_{nr} = \frac{\sum_r \frac{N}{m} y_k}{\sum_r \frac{N}{m} z_k}$$

En este caso, se asume respuesta homogénea a través de la población, y el ajuste a las ponderaciones originales del diseño por cuestiones de álgebra no tiene ningún impacto a la estimación.

3.1.2. Razón como cociente de estimadores de regresión del total

Como fue expuesto en el capítulo anterior los estimadores de regresión presentan amplias ventajas en la reducción de la varianza para la estimación de totales y razones. En esta sección, al presentarse una alternativa de tratamiento de la no-respuesta para estimar razones a través de estimadores de regresión, es importante anotar que la información auxiliar disponible no es aprovechada en la reducción del sesgo causado por la no-respuesta.

De esta manera, la corrección al sesgo que pueda observarse será el resultado del ajuste de los factores de proyección con base en el conjunto r de respondientes observado.

El estimador de razón $\hat{R}_{raz}$ presentado en (51) puede expresarse como:

$$\hat{R}_{raz,nr} = R_0 \frac{\hat{t}_{y\pi,nr}}{\hat{t}_{x\pi,nr}} \frac{\hat{t}^*_{x\pi,nr}}{\hat{t}_{z\pi,nr}} \tag{76}$$

Por otra parte el estimador $\hat{R}_{reg}$ que se introdujo en (53) toma la siguiente forma:

$$\hat{R}_{reg,nr} = \frac{\hat{t}_{y\pi,nr} + (t_x - \hat{t}_{x\pi,nr})\hat{B}_{y,nr}}{\hat{t}_{z\pi,nr} + (t^*_x - \hat{t}^*_{x\pi,nr})\hat{B}_{z,nr}} \tag{77}$$

Con

$$\hat{B}_{y,nr} = \frac{\sum_{k\in r} d_k^*(y_k - \hat{\mu}_{y,nr})(x_k - \mu_{x,nr})}{\sum_{k\in r} d_k^*(x_k - \hat{\mu}_{x,nr})^2} = \frac{\widehat{Cov}_r(y,x)}{\widehat{Var}_r(x)}$$

Donde $\widehat{Cov}_r$ denota la covarianza estimada a partir de los individuos pertenecientes al conjunto de respondientes r, y $\widehat{Var}_r$ la varianza muestral sobre el mismo conjunto. Además,

$$\hat{\mu}_{y,nr} = \frac{\hat{t}_{y\pi,nr}}{N}, \qquad \hat{\mu}_{x,nr} = \frac{\hat{t}_{x\pi,nr}}{N}$$

Así mismo:

$$\hat{B}_{z,nr} = \frac{\widehat{Cov}_r(z,x*)}{\widehat{Var}_r(x*)}$$

3.1.3. Estimador de calibración con ajuste a las probabilidades del diseño

Usar ajuste en las ponderaciones con base en el conjunto de respuesta r, en el caso del estimador $\hat{R}_{cal}$ explicado en (67) genera la siguiente expresión para el estimador:

$$\hat{R}_{cal,nr} = \frac{\hat{t}_{y\pi,\,nr}\hat{t}_1^{(nr)} - \hat{t}_2^{(nr)}\hat{t}_3^{(nr)}}{\hat{t}_{z\pi,nr}\hat{t}_1^{(nr)} - \hat{t}_2^{(nr)}\hat{t}_4^{(nr)}} \tag{78}$$

Con

$$\hat{t}_1^{(nr)} = \sum_{k\in r} d_k^*(x_k - R_0 x_k^*)^2, \qquad \hat{t}_2^{(nr)} = \sum_{k\in r} d_k^*(x_k - R_0 x_k^*),$$

$$\hat{t}_3^{(nr)} = \sum_{k\in r} d_k^*(x_k - R_0 x_k^*)y_k, \qquad \hat{t}_4^{(nr)} = \sum_{k\in r} d_k^*(x_k - R_0 x_k^*)z_k,$$

La expresión genérica para w_k se expresa como:

$$w_k = d_k^*\Big(1 - \frac{\sum_{l\in r} d_l^*(x_l - R_0 x_l^*)}{\sum_{l\in r} d_l^*(x_l - R_0 x_l^*)^2}(x_k - R_0 x_k^*)\Big), k \in r \tag{79}$$

Análogamente al caso de estimadores de regresión, este estimador de calibración plantea una reducción del sesgo a partir del ajuste de las ponderaciones con base en el conjunto de respuesta obtenido en la encuesta, pero no aprovecha la información auxiliar para hacer un ajuste por no-respuesta.

3.2. Estimador de Calibración para la estimación de una razón

Lündstrom & Särndal (1999) mostraron que los estimadores de calibración son una excelente alternativa para reducir el sesgo en presencia de no-respuesta en la estimación de totales. Con base en los desarrollos presentados para el total, se propone en este trabajo un estimador calibrado para la estimación de razones en dos posibles escenarios de información auxiliar disponible, Info-U e Info-S.

Considerando que las variables y y z, en la práctica pueden tener diferentes conjuntos de respuesta, se define r_y de tamaño m_y como el conjunto de respondientes para la variable y; y de manera análoga, r_z de tamaño m_z, el conjunto de respondientes para la variable z.

Para Info-U, el estimador para la razón $\hat{R}_{wU}$, se expresa de la siguiente forma:

$$\hat{R}_{wU} = \frac{\sum_{r_y} d_k v_{yUk} y_k}{\sum_{r_z} d_k v_{zUk} z_k} = \frac{\hat{t}_{ywU}}{\hat{t}_{zwU}} \tag{80}$$

con:

$$v_{yUk} = 1 + q_k \Big(\sum_U \mathbf{x_k} - \sum_{r_y} d_k \mathbf{x_k} \Big)' \Big(\sum_{r_y} d_k q_k \mathbf{x_k} \mathbf{x_k'} \Big)^{-1} \mathbf{x_k}, \qquad k \in r_y$$

$$v_{zUk} = 1 + q_k \Big(\sum_U \mathbf{x_k^*} - \sum_{r_z} d_i \mathbf{x_k^*} \Big)' \Big(\sum_{r_z} d_k q_k \mathbf{x_k^*} \mathbf{x_k^{*'}} \Big)^{-1} \mathbf{x_k^*}, \qquad k \in r_z$$

Para Info-S, el estimador toma la forma:

$$\hat{R}_{wS} = \frac{\sum_{r_y} d_k v_{ySk} y_k}{\sum_{r_z} d_k v_{zSk} z_k} = \frac{\hat{t}_{ywS}}{\hat{t}_{zwS}} \tag{81}$$

con:

$$v_{ySk} = 1 + q_k \Big(\sum_s d_i \mathbf{x_i} - \sum_{r_y} d_i \mathbf{x_i} \Big)' \Big(\sum_{r_y} d_i q_i \mathbf{x_k} \mathbf{x_k'} \Big)^{-1} \mathbf{x_k}, \qquad k \in r_y \tag{82}$$

$$v_{zSk} = 1 + q_k \Big(\sum_s d_i \mathbf{x_i^*} - \sum_{r_z} d_i \mathbf{x_i^*} \Big)' \Big(\sum_{r_z} d_i q_i \mathbf{x_k^*} \mathbf{x_k^{*'}} \Big)^{-1} \mathbf{x_k^*}, \qquad k \in r_z \tag{83}$$

Adicionalmente,

$$\hat{R}_{wUS} = \frac{\sum_{r_y} d_k v_{yUk} y_k}{\sum_{r_z} d_k v_{zSk} z_k} = \frac{\hat{t}_{ywU}}{\hat{t}_{zwS}}$$

y

$$\hat{R}_{wSU} = \frac{\sum_{r_y} d_k v_{ySk} y_k}{\sum_{r_z} d_k v_{zUk} z_k} = \frac{\hat{t}_{ywS}}{\hat{t}_{zwU}}$$

3.3. Estudio del sesgo y la varianza a través de simulación

Con el fin de analizar las propiedades de sesgo y varianza del estimador propuesto $\hat{R}_{wU}$ y $\hat{R}_{wS}$ se realizó un estudio de simulación, para el que se consideraron poblaciones con diferentes características relevantes para el análisis de estas propiedades. Se generaron poblaciones de tamaño $N = 10000$, en las cuales se tuvo en cuenta los siguientes elementos diferenciadores:

- Se generaron variables y y z, como variables de totales para el numerador y denominador de la razón, respectivamente.

- Se generaron variables de información auxiliar x y x^*, respectivamente correlacionadas con y y z.
- Se establecieron diferentes grados de correlación entre las variables y y x, y las variables z y x^*.
- Se consideraron dos tipos de distribución de datos de la población para las variables en estudio, que permitieran observar el comportamiento de los estimadores en diferentes situaciones de variabilidad de los datos en la población.

Se realizó un análisis de sensibilidad para definir el número de repeticiones de las simulaciones de Montecarlo en el cual se encontraba estabilidad para los valores de las estimaciones. Como resultado, se seleccionaron de cada población mediante muestreo aleatorio simple $F = 5000$ muestras de tamaño n=100.

Se realizaron corridas de la simulación para analizar y comparar las características de los diferentes estimadores contemplados en este trabajo así:

1. Comparación de la varianza y sesgo relativo de los estimadores de la razón en el caso de la respuesta completa.
2. Comparación del error cuadrático medio relativo, sesgo relativo y varianza de los estimadores de la razón en el caso de no respuesta con tratamiento a través de ajuste en los factores de proyección.
3. Comparación del error cuadrático medio relativo, sesgo relativo y varianza del estimador propuesto en este trabajo para tratamiento de la no respuesta mediante ajuste de calibración, con los estimadores analizados en el numeral anterior.

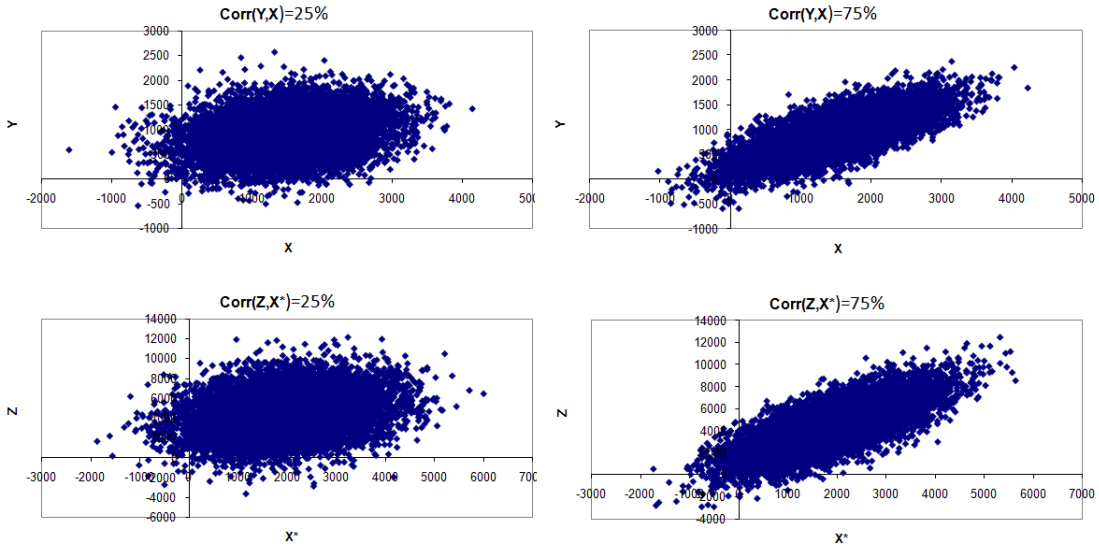
3.3.1. Descripción de las poblaciones

De acuerdo a los parámetros enunciados, se simularon poblaciones con las siguientes características:

- Poblaciones con distribución Normal y Weibull
- Con niveles de correlación entre y y x al 0.25, 0.50 y 0,75
- Con niveles de correlación entre z y x^* al 0.25, 0.50 y 0,75
- Para los diferentes niveles de correlación considerando que el objetivo es estimar la razón como cociente de los totales de t_y y t_z, se generaron las posibles combinaciones de correlación para el numerador y el denominador.

En la figura 1 se muestra el gráfico de dispersión de las variables poblacionales x vs. y y x^* vs.z para diferentes niveles de correlación en el caso de una distribución normal.

Figura 1: Correlaciones, pob. Normal



En el cuadro 1, se listan las 9 poblaciones simuladas con distribución Normal acorde a lo explicado. En todas las poblaciones simuladas la correlación entre las variables y y z es aproximadamente igual a cero.

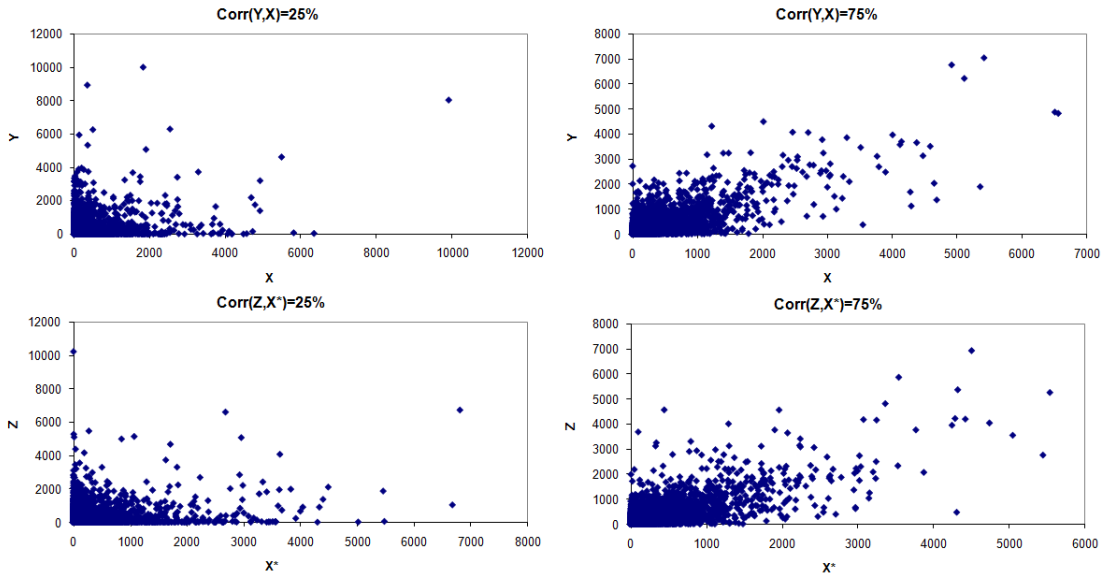
Cuadro 1: Tipos de población NORMAL

Población	$\mathbf{Corr(y, x)}$	$\mathbf{Corr(z, x^*)}$	$\mathbf{Corr(y, z)}$
1	26 %	26 %	0 %
2	26 %	50 %	1 %
3	26 %	75 %	1 %
4	50 %	26 %	0 %
5	50 %	50 %	-2 %
6	50 %	75 %	-1 %
7	75 %	26 %	-1 %
8	75 %	50 %	-2 %
9	75 %	75 %	2 %

La simulación de las variables se realizó en el programa SAS para la distribución normal y en R para la distribución Weibull. No se incluye en el trabajo un detalle sobre los mecanismos empleados para generar las poblaciones, sin embargo vale mencionar que para simular la distribución Weibull se generaron números aleatorios basados en la copula de Gumbel con parámetros de ligadura 2,4 y 1,12. Las dos marginales Weibull se obtuvieron con parámetros de forma y escala de 0,45 y 60 en ambas. Las distribuciones normales fueron generadas con base en descomposición de Cholesky.

Por otra parte, en la figura 2 se muestra el gráfico de dispersión de las variables poblacionales x vs. y y x^* vs.z para diferentes niveles de correlación en el caso de una distribución weibull.

Figura 2: Correlaciones, pob. Weibull



En el cuadro 2 a continuación se listan las 9 poblaciones con distribución Weibull, según lo explicado previamente. En todas las poblaciones simuladas la correlación entre las variables y y z es aproximadamente igual a cero.

Cuadro 2: Tipos de población WEIBULL

Población	**Corr(y, x)**	**Corr(z, x*)**	**Corr(y, z)**
1	26 %	24 %	0 %
2	26 %	51 %	0 %
3	26 %	75 %	1 %
4	49 %	24 %	-1 %
5	49 %	51 %	-1 %
6	49 %	75 %	-1 %
7	78 %	24 %	0 %
8	78 %	51 %	-1 %
9	78 %	75 %	-1 %

Para las poblaciones simuladas, se presenta a continuación en los cuadros 3 y 4 un resumen de estadísticas descriptivas. Se incluye en los cuadros, una columna para cada uno de los siguientes valores: Pob (identificador del No.de población 1 al 9), Rpob (valor del parámetro razón poblacional), totales, promedios (μ) y coeficientes de variación CV poblacionales de

las variables y, z, x, x^*. Se puede apreciar que las poblaciones simuladas bajo distribución normal, tienen como característica una baja variabilidad tanto en las variables y y z, como en las variables de información auxiliar en sus diferentes niveles de correlación.

Cuadro 3: Estadísticas descriptivas por tipo de población (NORMAL)

Pob	**Rpob**	$\mathbf{t_y}$	$\mathbf{t_x}$	$\mathbf{t_z}$	$\mathbf{t_{x^*}}$	$\mu_\mathbf{y}$	$\mu_\mathbf{x}$	$\mu_\mathbf{z}$	$\mu_{\mathbf{x}^*}$	**CV(y)**	**CV(x)**	**CV(z)**	**CV($\mathbf{x}^*$)**
1	0.19971	8'981,743	14'958,395	44'974,961	19'882,779	898	1,496	4,497	1,988	45 %	47 %	45 %	50 %
2	0.19961	8'981,743	14'958,395	44'996,965	19'954,837	898	1,496	4,500	1,995	45 %	47 %	45 %	51 %
3	0.20079	8'981,743	14'958,395	44'731,887	19'663,782	898	1,496	4,473	1,966	45 %	47 %	45 %	51 %
4	0.20143	9'059,142	15'099,835	44'974,961	19'882,779	906	1,510	4,497	1,988	44 %	46 %	45 %	50 %
5	0.20133	9'059,142	15'099,835	44'996,965	19'954,837	906	1,510	4,500	1,995	44 %	46 %	45 %	51 %
6	0.20252	9'059,142	15'099,835	44'731,887	19'663,782	906	1,510	4,473	1,966	44 %	46 %	45 %	51 %
7	0.19991	8'990,887	14'942,022	44'974,961	19'882,779	899	1,494	4,497	1,988	45 %	47 %	45 %	50 %
8	0.19981	8'990,887	14'942,022	44'996,965	19'954,837	899	1,494	4,500	1,995	45 %	47 %	45 %	51 %
9	0.20100	8'990,887	14'942,022	44'731,887	19'663,782	899	1,494	4,473	1,966	45 %	47 %	45 %	51 %

Las poblaciones simuladas con distribución Weibull, presentan altos niveles de dispersión.

Cuadro 4: Estadísticas descriptivas por tipo de población (WEIBULL)

Pob	**Rpob**	$\mathbf{t_y}$	$\mathbf{t_x}$	$\mathbf{t_z}$	$\mathbf{t_{x^*}}$	$\mu_\mathbf{y}$	$\mu_\mathbf{x}$	$\mu_\mathbf{z}$	$\mu_{\mathbf{x}^*}$	**CV(y)**	**CV(x)**	**CV(z)**	**CV($\mathbf{x}^*$)**
1	1.04141	1'493,411	1'465,780	1'434,024	1'507,668	149	147	143	151	260 %	262 %	254 %	252 %
2	0.99728	1'493,411	1'465,780	1'497,486	1'451,628	149	147	150	145	260 %	262 %	256 %	256 %
3	1.00468	1'493,411	1'465,780	1'486,453	1'491,580	149	147	149	149	260 %	262 %	246 %	240 %
4	1.06166	1'522,451	1'561,205	1'434,024	1'507,668	152	156	143	151	248 %	257 %	254 %	252 %
5	1.01667	1'522,451	1'561,205	1'497,486	1'451,628	152	156	150	145	248 %	257 %	256 %	256 %
6	1.02422	1'522,451	1'561,205	1'486,453	1'491,580	152	156	149	149	248 %	257 %	246 %	240 %
7	1.01877	1'460,937	1'467,346	1'434,024	1'507,668	146	147	143	151	248 %	251 %	254 %	252 %
8	0.97559	1'460,937	1'467,346	1'497,486	1'451,628	146	147	150	145	248 %	251 %	256 %	256 %
9	0.98283	1'460,937	1'467,346	1'486,453	1'491,580	146	147	149	149	248 %	251 %	246 %	240 %

La simulación de las distribuciones en estas condiciones tiene como objetivo analizar las propiedades del estimador en diferentes niveles de variabilidad en las características de estudio. Para estimadores de totales, es ampliamente conocido el comportamiento de los $\pi-$estimadores, estimadores de regresión e incluso de calibración. Sin embargo, no se tiene igual conocimiento de los estimadores en casos de estimaciones de razones y menos aún en situaciones como la aquí planteada en términos de no-respuesta.

3.3.2. Escenarios de simulación

Una vez se simularon las poblaciones Normal y Weibull en sus diferentes escenarios de correlación. Se simuló adicionalmente sobre la población la característica de no-respuesta para cada uno de los individuos. Se definieron dos distribuciones de respuesta a ser analizadas como parte de este estudio: distribución de respuesta homogénea a través de la población y distribución de respuesta de grupos homogéneos (RGH)

En el primer caso, una distribución de respuesta uniforme a través de la población fue simulada en los dos grupos de poblaciones definidos previamente (Normal y Weibull). En cada población se simularon distribuciones de respuesta con tres diferentes parámetros o probabilidades de no-respuesta: 10 %, 20 % y 30 %. De esta forma se obtuvieron 27 escenarios de simulación para cada una de las variables. En los cuadros 5 y 6, se detallan las características de los escenarios para cada distribución simulada.

Cuadro 5: Escenarios con No Respuesta uniforme (NORMAL)

Escenario	**Tasa NR**	**Pob**	**Cor**$(\mathbf{y}, \mathbf{x})$	**Cor**$(\mathbf{z}, \mathbf{x}^*)$
1	10 %	1	26 %	26 %
2	10 %	2	26 %	50 %
3	10 %	3	26 %	75 %
4	10 %	4	50 %	26 %
5	10 %	5	50 %	50 %
6	10 %	6	50 %	75 %
7	10 %	7	75 %	26 %
8	10 %	8	75 %	50 %
9	10 %	9	75 %	75 %
10	20 %	1	26 %	26 %
11	20 %	2	26 %	50 %
12	20 %	3	26 %	75 %
13	20 %	4	50 %	26 %
14	20 %	5	50 %	50 %
15	20 %	6	50 %	75 %
16	20 %	7	75 %	26 %
17	20 %	8	75 %	50 %
18	20 %	9	75 %	75 %
19	30 %	1	26 %	26 %
20	30 %	2	26 %	50 %
21	30 %	3	26 %	75 %
22	30 %	4	50 %	26 %
23	30 %	5	50 %	50 %
24	30 %	6	50 %	75 %
25	30 %	7	75 %	26 %
26	30 %	8	75 %	50 %
27	30 %	9	75 %	75 %

Como segundo escenario de distribución para la no-respuesta, en cada una de las 9 poblaciones Weibull se definieron 3 estratos entre los cuales se observan diferencias significativas para

Cuadro 6: Escenarios con No Respuesta uniforme (WEIBULL)

Escenario	**Tasa NR**	**Pob**	**Cor**$(\mathbf{y}, \mathbf{x})$	**Cor**$(\mathbf{z}, \mathbf{x}^*)$
1	10 %	1	26 %	24 %
2	10 %	2	26 %	51 %
3	10 %	3	26 %	75 %
4	10 %	4	49 %	24 %
5	10 %	5	49 %	51 %
6	10 %	6	49 %	75 %
7	10 %	7	78 %	24 %
8	10 %	8	78 %	51 %
9	10 %	9	78 %	75 %
10	20 %	1	26 %	24 %
11	20 %	2	26 %	51 %
12	20 %	3	26 %	75 %
13	20 %	4	49 %	24 %
14	20 %	5	49 %	51 %
15	20 %	6	49 %	75 %
16	20 %	7	78 %	24 %
17	20 %	8	78 %	51 %
18	20 %	9	78 %	75 %
19	30 %	1	26 %	24 %
20	30 %	2	26 %	51 %
21	30 %	3	26 %	75 %
22	30 %	4	49 %	24 %
23	30 %	5	49 %	51 %
24	30 %	6	49 %	75 %
25	30 %	7	78 %	24 %
26	30 %	8	78 %	51 %
27	30 %	9	78 %	75 %

el valor de R. En el cuadro 7, se pueden observar los valores de R para cada grupo en las nueve poblaciones. Con base en la estratificación definida, se simuló entonces una distribución uniforme de respuesta por estrato en cada una de las 9 poblaciones. Se generaron 18 escenarios con una tasa de no respuesta promedio de 25 % en los primeros 9 escenarios y de 30 % en los 9 restantes. La asignación de no-respuesta por estrato consideró dos posibles comportamientos de la no respuesta:

- En las primeras poblaciones 1 a 9, se asignó una probabilidad de no-respuesta alta (60 %) en el grupo con mayor valor para la razón poblacional, es decir, en el grupo 3 en que R está alrededor de 4, y se asignó una probabilidad de no-respuesta baja (10 %)en el estrato con menor valor de R, alrededor de 0.01.
- En las poblaciones 10 a 18, se invirtieron las probabilidades de no-respuesta, asignando la mayor al grupo con menor valor del parámetro R y viceversa.

Analizar estos escenarios con características poblacionales diferenciadas por grupos en relación con las variables de estudio y la distribución de la no-respuesta, se justifica por la experiencia en el trabajo de encuestas, en el cual en general se observan diferencias significativas

Cuadro 7: Razón por estrato en cada población (WEIBULL)

Pob	R est1	R est2	R est3	R pob
1	0.0131	0.3573	4.2359	1.0414
2	0.0109	0.3742	4.0320	0.9973
3	0.0123	0.3540	3.9371	1.0047
4	0.0124	0.3730	4.3485	1.0617
5	0.0124	0.3347	4.6298	1.0167
6	0.0120	0.3620	4.1363	1.0242
7	0.0122	0.3705	4.2232	1.0188
8	0.0117	0.3477	4.2948	0.9756
9	0.0117	0.3516	4.3367	0.9828

en las tasas de respuesta por grupos poblacionales y dependiendo del comportamiento de las variables de estudio, estas diferencias tendrán un impacto más o menos importante en la magnitud de la varianza y por supuesto del sesgo. Se buscó entonces a través de la simulación tratar de observar el comportamiento del sesgo y la varianza en estos casos.

En el cuadro 8 se listan los 18 escenarios, Las columnas en la tabla se describen a continuación:

Cuadro 8: Escenarios con No Respuesta estratificada (WEIBULL)

Esc	% Est1	% Est2	% Est3	NREst1	NREst2	NREst3	NRTotal	$\mathbf{Cor}(\mathbf{y}, \mathbf{x})$	$\mathbf{Cor}(\mathbf{z}, \mathbf{x}^*)$
1	30 %	50 %	20 %	10 %	20 %	60 %	25 %	26 %	26 %
2	30 %	50 %	20 %	10 %	20 %	60 %	25 %	26 %	50 %
3	30 %	50 %	20 %	10 %	20 %	60 %	25 %	26 %	75 %
4	30 %	50 %	20 %	10 %	20 %	60 %	25 %	50 %	26 %
5	30 %	50 %	20 %	10 %	20 %	60 %	25 %	50 %	50 %
6	30 %	50 %	20 %	10 %	20 %	60 %	25 %	50 %	75 %
7	30 %	50 %	20 %	10 %	20 %	60 %	25 %	75 %	26 %
8	30 %	50 %	20 %	10 %	20 %	60 %	25 %	75 %	50 %
9	30 %	50 %	20 %	10 %	20 %	60 %	25 %	75 %	75 %
10	30 %	50 %	20 %	60 %	20 %	10 %	30 %	26 %	26 %
11	30 %	50 %	20 %	60 %	20 %	10 %	30 %	26 %	50 %
12	30 %	50 %	20 %	60 %	20 %	10 %	30 %	26 %	75 %
13	30 %	50 %	20 %	60 %	20 %	10 %	30 %	50 %	26 %
14	30 %	50 %	20 %	60 %	20 %	10 %	30 %	50 %	50 %
15	30 %	50 %	20 %	60 %	20 %	10 %	30 %	50 %	75 %
16	30 %	50 %	20 %	60 %	20 %	10 %	30 %	75 %	26 %
17	30 %	50 %	20 %	60 %	20 %	10 %	30 %	75 %	50 %
18	30 %	50 %	20 %	60 %	20 %	10 %	30 %	75 %	75 %

- Esc: número de escenario
- %Est 1, %Est 2 y %Est 3: porcentaje de individuos en la población que pertenece a cada uno de los tres estratos
- NREst1, NREst2, NRest3: probabilidad de no respuesta uniforme simulada para cada uno de los tres estratos
- $\mathbf{Cor}(\mathbf{y}, \mathbf{x})$ y $\mathbf{Cor}(\mathbf{z}, \mathbf{x}^*)$: correlaciones poblaciones entre las variables y y x, y z y x^*

Por otra parte para la simulación del estimador de calibración para la no-respuesta R_{wU} y R_{wS} se simularon 8 escenarios para cada una de las 27 poblaciones en el caso de las distribuciones normal y weibull (216 estimaciones por distribución); y para el caso de los 18 escenarios de Weibull estratificada (144 estimaciones). A continuación, en el cuadro 9 se relacionan los 8 escenarios que varían de acuerdo a dos posibles valores definidos para la constante q_k y del tipo de información auxiliar disponible Info-U o Info-S.

Cuadro 9: Estimadores de calibración en NR según q_k y tipo de información auxiliar

Estimador	**Inf. aux. num.**	**Inf. aux. den.**	$\mathbf{q_k}$ **num.**	$\mathbf{q_k}$ **den.**
SS11	Info-s	Info-s	1	1
SSxx	Info-s	Info-s	$1/x_k$	$1/x_k^*$
SU11	Info-s	Info-U	1	1
SUxx	Info-s	Info-U	$1/x_k$	$1/x_k^*$
US11	Info-U	Info-s	1	1
USxx	Info-U	Info-s	$1/x_k$	$1/x_k^*$
UU11	Info-U	Info-U	1	1
UUxx	Info-U	Info-U	$1/x_k$	$1/x_k^*$

Según Lundstrom et al.(1999), la escogencia de la información auxiliar tiene un alto impacto en la reducción del sesgo a través de estimadores de calibración. Considerando que en general las encuestas tienen el objetivo de calcular estimaciones para diferentes variables a la vez, se sugiere que el vector de información auxiliar: muestre clara evidencia de explicar la propensión a responder de los individuos en la población, muestre clara evidencia de explicar las principales variables en estudio y que identifique los más importantes dominios de estudio. El cumplimiento de estas características tiene un impacto para cada caso en: se reduce el sesgo en todas las variables del estudio, se reduce el sesgo en las principales variables de estudio y se reduce en sesgo en lo dominios de mayor interés.

3.3.3. Expresiones de los estimadores simulados

La simulación comprende tres secciones con sus respectivos estimadores asociados:

- Respuesta completa: se simularon los cuatro estimadores presentados en el capítulo 2, $\hat{R}$, $\hat{R}_{raz}$, $\hat{R}_{reg}$ y $\hat{R}_{cal}$ para las poblaciones normal y weibull en los diferentes escenarios de correlación.

- Presencia de no respuesta con aplicación de los cuatro estimadores en los que solo se hace un ajuste en la ponderación, sin usar información auxiliar, $\hat{R}_{nr}$, $\hat{R}_{raz,nr}$, $\hat{R}_{reg,nr}$ y $\hat{R}_{cal,nr}$.

- Presencia de no respuesta y aplicación del estimador de calibración para tratamiento de no-respuesta $\hat{R}_{w,nr}$

En el cuadro 10, se presenta un resumen con cada uno de los estimadores analizados en la simulación, para el caso de respuesta comnpleta.

Cuadro 10: Estimadores para muestras en el caso de Respuesta Completa (RC)

Estimadores
$\hat{R} = \frac{\frac{N}{n}\sum_s y_k}{\frac{N}{n}\sum_s z_k} = \frac{\sum_s y_k}{\sum_s z_k}$
$\hat{R}_{raz} = R_0 \frac{\hat{t}_{y\pi}}{\hat{t}_{x\pi}} \frac{\hat{t}^*_{x\pi}}{\hat{t}_{z\pi}}$
$\hat{R}_{reg} = \frac{\hat{t}_{y\pi} + (t_x - \hat{t}_{x\pi})\hat{B}_y}{\hat{t}_{z\pi} + (t^*_x - \hat{t}^*_{x\pi})\hat{B}_z}$
$\hat{R}_{cal} = \frac{\hat{t}_{y\pi}\hat{t}_1 - \hat{t}_2\hat{t}_3}{\hat{t}_{z\pi}\hat{t}_1 - \hat{t}_2\hat{t}_4}$

El cuadro 11, incluye el detalle de los estimadores considerados como alternativas para el tratamiento de la no-respuesta, ajuste a la ponderación sin uso de información auxiliar y calibración utilizando la información auxiliar disponible para calcular los nuevos pesos del estimador. En todos los casos las expresiones matemáticas corresponden a muestras seleccionadas mediante muestreo aleatorio simple.

Cuadro 11: Estimadores para muestras en el caso de No Respuesta (NR)

Estimadores con ajuste a la ponderación	**Estimadores ajustados con información auxiliar**
$\hat{R}_{nr} = \frac{\sum_r y_k}{\sum_r z_k}$	$\hat{R}_{SS11} = \frac{\sum_r d_k v_{yS_k} y_k}{\sum_r d_k v_{zS_k} z_k},\ q_{kx} = 1, q_{kx^*} = 1$
	$\hat{R}_{SSxx} = \frac{\sum_r d_k v_{yS_k} y_k}{\sum_r d_k v_{zS_k} z_k},\ q_{kx} = 1/x_k, q_{kx^*} = 1/x^*_k$
$\hat{R}_{raz,nr} = R_0 \frac{\hat{t}_{y\pi,nr}}{\hat{t}_{x\pi,nr}} \frac{\hat{t}^*_{x\pi,nr}}{\hat{t}_{z\pi,nr}}$	$\hat{R}_{SU11} = \frac{\sum_r d_k v_{yS_k} y_k}{\sum_r d_k v_{zU_k} z_k},\ q_{kx} = 1, q_{kx^*} = 1$
	$\hat{R}_{SUxx} = \frac{\sum_r d_k v_{ySk} y_k}{\sum_r d_k v_{zU_k} z_k},\ q_{kx} = 1/x_k, q_{kx^*} = 1/x^*_k$
$\hat{R}_{reg,nr} = \frac{\hat{t}_{y\pi,nr} + (t_x - \hat{t}_{x\pi,nr})\hat{B}_{y,nr}}{\hat{t}_{z\pi,nr} + (t^*_x - \hat{t}^*_{x\pi,nr})\hat{B}_{z,nr}}$	$\hat{R}_{US11} = \frac{\sum_r d_k v_{yU_k} y_k}{\sum_r d_k v_{zS_k} z_k},\ q_{kx} = 1, q_{kx^*} = 1$
	$\hat{R}_{USxx} = \frac{\sum_r d_k v_{yU_k} y_k}{\sum_r d_k v_{zS_k} z_k},\ q_{kx} = 1/x_k, q_{kx^*} = 1/x^*_k$
$\hat{R}_{cal,nr} = \frac{\hat{t}_{y\pi,\,nr}\hat{t}^{(nr)}_1 - \hat{t}^{(nr)}_2\hat{t}^{(nr)}_3}{\hat{t}_{z\pi,nr}\hat{t}^{(nr)}_1 - \hat{t}^{(nr)}_2\hat{t}^{(nr)}_4}$	$\hat{R}_{UU11} = \frac{\sum_r d_k v_{yU_k} y_k}{\sum_r d_k v_{zU_k} z_k},\ q_{kx} = 1, q_{kx^*} = 1$
	$\hat{R}_{UUxx} = \frac{\sum_r d_k v_{yU_k} y_k}{\sum_r d_k v_{zU_k} z_k},\ q_{kx} = 1/x_k, q_{kx^*} = 1/x^*_k$

3.3.4. Estadísticas de resumen de la simulación

En la simulación se estudiaron 5.000 muestras de tamaño 100, seleccionadas de la población mediante muestreo aleatorio simple sin remplazamiento (MAS). Para cada muestra, el conjunto de respuesta es obtenido mediante la realización independiente, para cada elemento k, de un experimento Bernoulli con parámetro θ_k, $k = 1, \ldots, N$. Para cada muestra f ($f = 1, \ldots, 5000$), $\hat{R}_{(f)}$ es calculado, donde $\hat{R}_{(f)}$ es el valor del estimador $\hat{R}$ (notación general para el estimador de la razón, en cualquiera de las posibilidades aquí presentadas) para la muestra f. Las medidas calculadas se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12: Estadísticas de resumen de las simulaciones de $\hat{R}$

Estadística	**Notación**	**Fórmula**
Esperanza	$E_{sim}(\hat{R})$	$\frac{1}{F}\sum_{f=1}^{F}\hat{R}_f$
Sesgo simulado	$B_{sim}(\hat{R})$	$E_{sim}(\hat{R}) - R$
Sesgo rel. simulado	$BR_{sim}(\hat{R})$	B_{sim}/R
Varianza simulada	$V_{sim}(\hat{R})$	$\frac{1}{F}\sum_{f=1}^{F}[\hat{R}_f - E_{sim}(\hat{R})]^2$
Sesgo relativo simulado	$ABR_{sim}(\hat{R})$	$\lvert B_{sim}(\hat{R})\rvert \Big/ \sqrt{V_{sim}(\hat{R})}$
CV simulado	$CV_{sim}(\hat{R})$	$\sqrt{V_{sim}(\hat{R})} \Big/ E_{sim}(\hat{R})$
ECM rel. simulado	$ECMR_{sim}(\hat{R})$	$\sqrt{ECM_{sim}(\hat{R})} \Big/ E_{sim}(\hat{R})$

3.4. Análisis de Resultados de la simulación

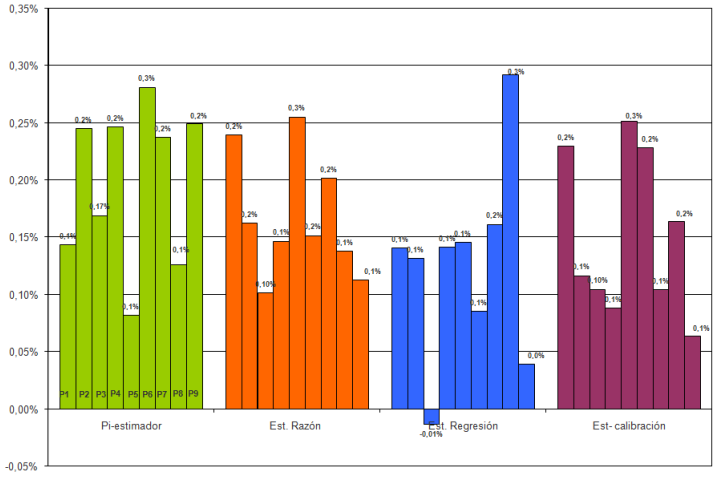
Se presenta a continuación un resumen de los principales resultados obtenidos de las simulaciones para los diferentes estimadores presentados en el trabajo. A modo de introducción se incluye una comparación del coeficiente de variación y el sesgo relativo, entre los cuatro estimadores para el caso de respuesta completa. Posteriormente, se presentan gráficos comparativos del sesgo relativo y del error cuadrático medio relativo entre los diferentes estimadores para el tratamiento de la no respuesta.

3.4.1. Distribución Normal - Respuesta Completa

En la figura 3, se presenta un comparativo entre el sesgo relativo simulado de los diferentes estimadores para las 9 poblaciones analizadas. Se observa que en todos los casos el sesgo relativo es menor al $0,5\,\%$ el cual es insignificante y se puede confirmar, tal como aparece en la bibliografía, que la confiabilidad de las estimaciones para la razón a partir de cualquiera de estos estimadores no se afecta por el uso de un estimador no insesgado.

Como se observa en la figura 4, los coeficientes de variación se reducen con el uso de información auxiliar y a medida que la correlación entre las variables de estudio y las variables auxiliares aumenta. Vale la pena resaltar que en esta población las diferencias de magnitud

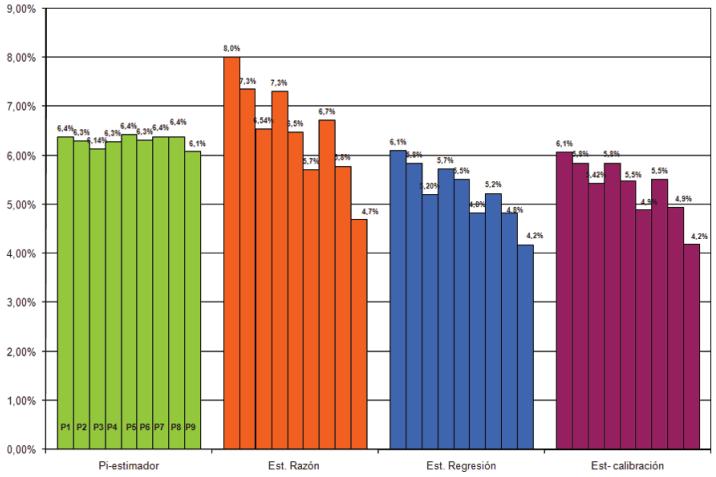
Figura 3: Sesgo Relativo Muestra RC estimador RC NORMAL



entre los coeficientes es pequeña y esto se explica por la baja variabilidad en la población de las variables en estudio.

En el caso particular de esta simulación, los resultados indican que los estimadores de regresión y de calibración, $\hat{R}_{reg}$ y $\hat{R}_{cal}$ respectivamente, tienen niveles de precisión similares e incluso en algunas de las poblaciones el $\hat{R}_{reg}$ parece ser mejor en términos de coeficiente de variación. Esto se explica porque para las poblaciones simuladas el modelo que se asume explica bien a las variables y y z en estudio. Sin embargo, la decisión de aplicar uno de estos estimadores en la práctica, dependerá del tiempo disponible por parte del investigador para dedicarse a actividades de modelamiento requeridas para el estimador de regresión, en contraste con el estimador de calibración para el cual esta etapa de modelamiento no es requerida.

Figura 4: CV Muestra RC estimador RC NORMAL



3.4.2. Distribución Normal - No Respuesta

El análisis del comportamiento en términos de varianza y sesgo de los estimadores en presencia de no-respuesta, está concentrado en la comparación entre ellos de varianza simulada (V_{sim}), sesgo relativo simulado (BR_{sim}) y error cuadrático medio relativo simulado ($ECMR_{sim}$), las definiciones de estas características se presentaron anteriormente. Como se mencionó previamente se simularon 27 poblaciones cada una con tres diferentes tasas de no-respuesta, $10\,\%, 20\,\%$ y $30\,\%$. En esta sección se analizan en detalle 4 escenarios escogidos como ilustración de los diferentes tipos de correlación simulados:

- Escenario 1: Correlación baja e idéntica ($26\,\%$) entre las variables en numerador y denominador
- Escenario 3: Correlación baja ($26\,\%$) entre las variables del numerador y alta ($75\,\%$) entre las variables del denominador
- Escenario 7: Correlación alta ($75\,\%$) entre las variables del numerador y baja ($26\,\%$) entre las variables del denominador
- Escenario 9: Correlación alta ($75\,\%$) entre las variables del numerador y alta ($75\,\%$) entre las variables del denominador

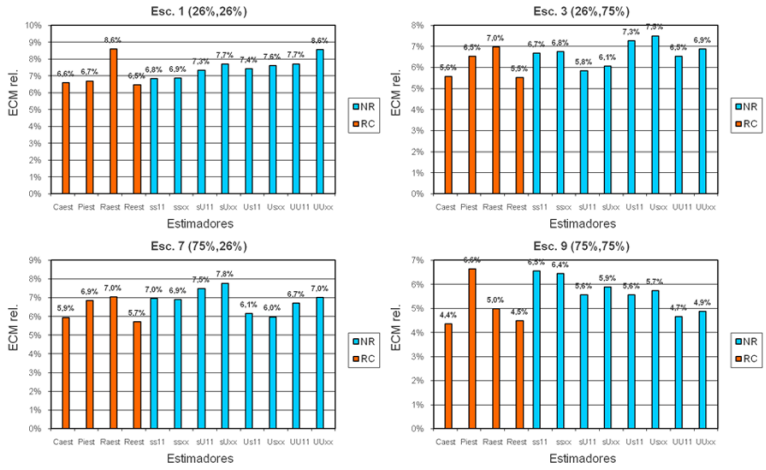
En las figuras a continuación, las primeras cuatro barras representan en su orden a los estimadores con ajuste a la ponderación ($\hat{R}_{nr}$, $\hat{R}_{raz,nr}$, $\hat{R}_{reg,nr}$ y $\hat{R}_{cal,nr}$) y las 8 barras restantes representan al estimador propuesto en este trabajo ($\hat{R}_{wU}, \hat{R}_{wS}$) bajo los diferentes supuestos para q_k y niveles de información auxiliar disponible.

La figura 5, muestra el comportamiento del $ECMR_{sim}$ en niveles de no-respuesta del $10\,\%$ en una población con bajos niveles de dispersión de las variables en estudio y y z, y auxiliares x y x^*. En general, los estimadores $\hat{R}_{reg,nr}$ y $\hat{R}_{cal,nr}$ tienen menores valores de $ECMR_{sim}$, las diferencias con $\hat{R}_w$ (notación general para el estimador propuesto en disponibilidad de Info-U o Info-S) son mínimas para casos particulares que se describen a continuación, pero aún en el mejor de los casos el estimador $\hat{R}_w$ máximo iguala el $ECMR_{sim}$ de los estimadores con ajuste a la ponderación.

En relación con el estimador $\hat{R}_w$ para las 8 alternativas evaluadas en cada escenario, vale destacar que:

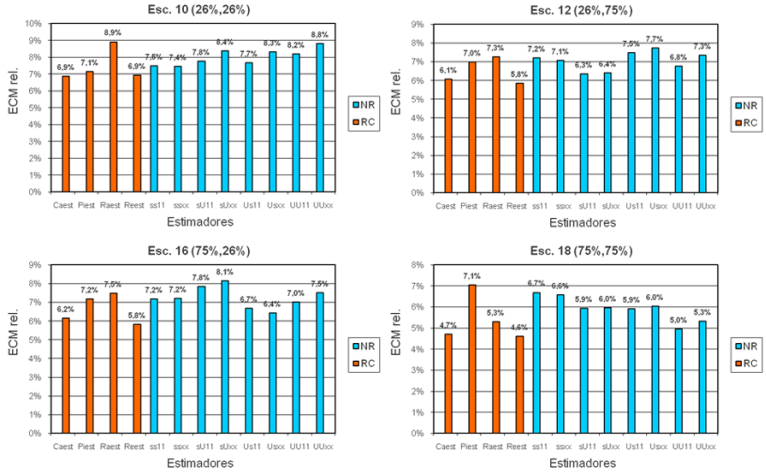
- Cuando la correlación es baja en numerador y denominador (Esc.1), el mejor estimador ($\hat{R}_w$ es el que utiliza información auxiliar a nivel muestral ($SS11, SSxx$) tanto en numerador como en denominador, independientemente de la escogencia de q_k. Este es el que mejor se aproxima a los $ECMR_{sim}$ que arrojan el estimador de regresión y el de calibración.
- Cuando la correlación en el denominador aumenta (Esc.3), el estimador que utiliza Info-U en el denominador ($SU11, SUXX$) es el que más se acerca a los resultados obtenidos para $\hat{R}_{reg,nr}$ y $\hat{R}_{cal,nr}$

Figura 5: Comparación de niveles de precisión - Dist. Normal Tasa de NR=10 %



- En el caso contrario, si la correlación en el numerador es mayor (Esc.), se observa ventaja de los estimadores que utilizan Info-U en el numerador ($US11, USxx$).
- Si la correlación es alta en numerador y denominador (Esc.9), los estimadores que utilizan Info-U ($UU11, UUxx$) en los dos totales son los que presentan un mejor comportamiento del $ECMR_{sim}$.

Figura 6: Comparación de niveles de precisión - Dist. Normal Tasa de NR=20 %



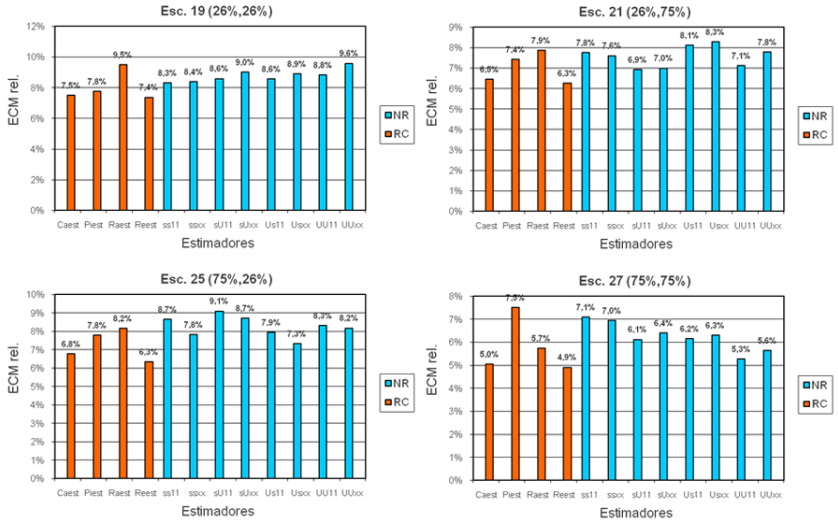
Al igual que en el caso anterior, la figura 6 muestra que los estimadores $\hat{R}_{reg,nr}$ y $\hat{R}_{cal,nr}$ tienen menores valores de $ECMR_{sim}$. Sin embargo, las diferencias con $\hat{R}_w$ se aumentan en los escenarios $10, 12$ y 16. En el escenario 18 de alta correlación, las distancias se reducen a los niveles obtenidos en el caso de no-respuesta al 10 %. En ningún escenario, el $ECMR_{sim}$

del estimador $\hat{R}_w$ toma un valor igual o menor al valor obtenido en el grupo restante de estimadores simulados

Los estimadores de mejor desempeño entre las 8 alternativas evaluadas para $\hat{R}_w$, que se identificaron en el caso de no-respuesta al 10 % en la figura 5, se mantienen para esta variación en la no-respuesta.

El efecto en el $ECMR_{sim}$ en casos en que la tasa de no respuesta es aproximadamente 30 %, se presenta en la figura 7. Las conclusiones presentadas en no-respuesta del 20 % aplican exactamente a este caso. Se destaca que el distanciamiento observado entre los $ECMR_{sim}$ de $\hat{R}_w$ y $\hat{R}_{reg,nr}$ y $\hat{R}_{cal,nr}$, no se reduce significativamente en el escenario de mayor correlación (Esc.27), como si ocurría en el caso anterior.

Figura 7: Comparación de niveles de precisión - Dist. Normal Tasa de NR=30 %



Las figuras 8 a la 10, muestran en los tres casos de proporción de no-respuesta analizados, el comportamiento del sesgo relativo simulado. En general se observa que para todos los estimadores, los sesgos relativos obtenidos de la simulación son menores o iguales a 1 % en valor absoluto, y en los casos en que superan este valor, no exceden al 2 %.

Específicamente en los escenarios que se ilustran en la figura 8, se destaca que exceptuando el escenario 1, en los tres restantes bajo una adecuada información auxiliar disponible el estimador $\hat{R}_w$ arroja los mejores sesgos relativos. A continuación se agregan algunos comentarios diferenciadores por escenario:

- En el escenario 1, todos los estimadores ofrecen sesgos relativos menores al 1 % en valor absoluto. Este es el único escenario en que el estimador $\hat{R}_w$ no arroja el menor valor para sesgo relativo, lo cual se explica por la baja correlación de las variables en numerador

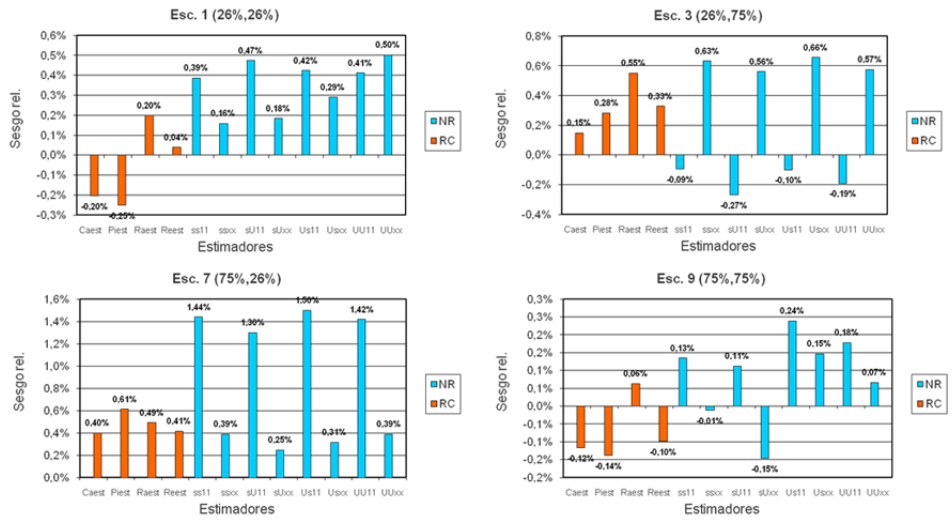
y denominador. En relación con las diferentes opciones de configuración del estimador $\hat{R}_w$, se observa una tendencia a reducción de sesgo relativo cuando se utiliza $q_k = 1/x_k$ o $q_k = 1/x_k^*$, que no aplica para el caso del estimador (UU)

- Cuando la correlación aumenta en el denominador (Esc.3), todos los estimadores ofrecen sesgos relativos menores al 1 % en valor absoluto. Por otra parte, el estimador $\hat{R}_w$ tiene los menores sesgos relativos en valor absoluto para varias de las alternativas. Se destaca que en todos los casos en que se utiliza $q_k = 1$ se obtienen los menores valores para el sesgo que además por ser negativos muestran la tendencia a subestimar del estimador con sesgos muy pequeños.

- En el caso contrario en que la correlación en el numerador aumenta (Esc.7), se mantiene la tendencia a que el menor sesgo relativo resulte por parte del estimador $\hat{R}_w$. En general, todos los estimadores en que se escoge $q_k = 1/x_k$ o $q_k = 1/x_k^*$, tienen los sesgos más pequeños, por otra parte al escoger $q_k = 1$ se obtienen indeseables sesgos relativos mayores a 1 %. Por último, también se observa que en este escenario todos los sesgos relativos son positivos.

- En el escenario 9, se mantiene la tendencia a obtener valores de BR_{sim} menores provenientes del estimador $\hat{R}_w$, en este caso no se observa una tendencia particular en relación con la selección del valor de q_k.

Figura 8: Comparación del sesgo relativo - Dist. Normal Tasa de NR=10 %



En el caso de no-respuesta al 20 %, que se muestra en la figura 9, se observa en todos los escenarios que el BR_{sim} obtenido a partir del estimador es menor en comparación con el resto de los estimadores. Al igual que en el caso anterior, se puede encontrar en todos los escenarios una alternativa de estimación con sesgo relativo en valor absoluto menor al 1 %. Algunos hallazgos por escenario:

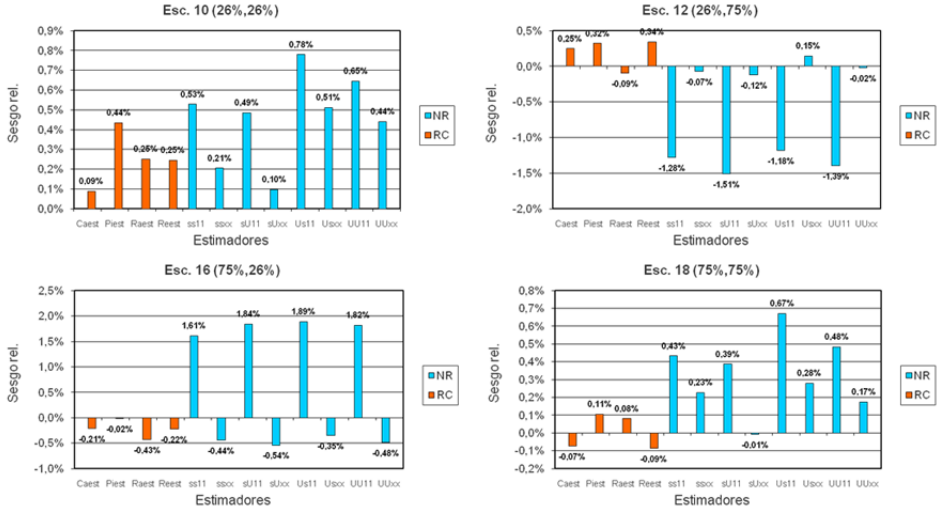
- En el escenario 10, todos los estimadores ofrecen sesgos relativos menores al 1 % en valor absoluto. En relación con las diferentes opciones de configuración del estimador $\hat{R}_w$, se observa una tendencia a reducción de sesgo relativo cuando se utiliza $q_k = 1/x_k$ o $q_k = 1/x_k^*$.

- Cuando la correlación aumenta en el denominador (Esc.12), se observa un tendencia a sesgos relativos negativos en las alternativas del estimador $\hat{R}_w$ en que se define $q_k = 1$. Al escoger $q_k = 1/x_k$ o $q_k = 1/x_k^*$ se obtienen sesgos casi nulos.

- En el caso en que la correlación en el numerador aumenta (Esc.16), contrario a lo visto en los items anteriores el menor sesgo relativo no se obtiene por parte del estimador $\hat{R}_w$. En general, todos los estimadores en que se escoge $q_k = 1/x_k$ o $q_k = 1/x_k^*$, tienen los sesgos (negativos) más pequeños. Por otra parte al escoger $q_k = 1$ se obtienen indeseables sesgos relativos mayores a 1 %. Al parecer este escenario con baja correlación en el denominador no aporta en la reducción del sesgo en situaciones de no respuesta.

- En el escenario 18, usando el estimador $\hat{R}_w$ se obtuvieron valores significativamente menores del sesgo relativo y se observa que el uso de $q_k = 1/x_k$ o $q_k = 1/x_k^*$ favorece la estimación.

Figura 9: Comparación del sesgo relativo - Dist. Normal Tasa de NR=20 %

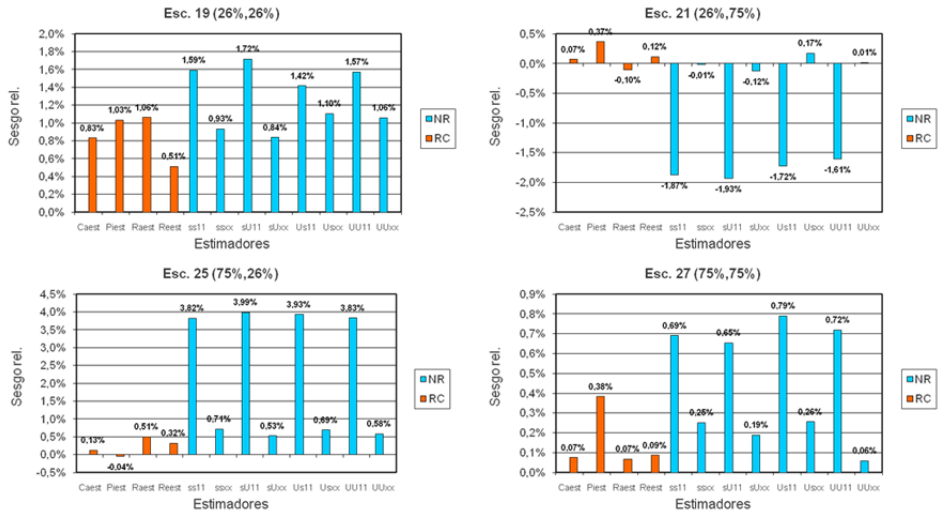


La figura 10, muestra las estimaciones del sesgo relativo en tasa de no-respuesta del 30 %. Se observa que a diferencia de las conclusiones obtenidas al 10 % y 20 %, el uso del estimador $\hat{R}_w$ arroja menores valores BR_{sim}, sólo en el caso en que la correlación entre las variables del denominador es alta.

Los escenarios 19 y 25, muestran que los sesgos relativos son altos para bajos niveles de correlación en el numerador y el denominador simultáneamente, e incluso para bajos niveles únicamente en el denominador. Como se mencionó anteriormente la selección de $q_k = 1/x_k$ o

$q_k = 1/x_k^*$ genera en valor absoluto, menores niveles de sesgo relativo en todos los escenarios.

Figura 10: Comparación del sesgo relativo - Dist. Normal Tasa de NR=30 %



Los cuadros 13 al 15, muestran un comparativo de las varianzas entre los estimadores $\hat{R}_{nr}$, $\hat{R}_{raz,nr}$, $\hat{R}_{reg,nr}$, $\hat{R}_{cal,nr}$ y $\hat{R}_w$; en cada uno de las tasas de no respuesta analizadas 10 %, 20 % y 30 %, respectivamente.

Cuadro 13: Varianza simulada × 100, Normal, Tasa NR=10 %

Estim.	**Esc1**	**Esc2**	**Esc3**	**Esc4**	**Esc5**	**Esc6**	**Esc7**	**Esc8**	**Esc9**
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{nr}}$	0,018	0,017	0,017	0,017	0,018	0,018	0,019	0,019	0,018
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{raz,nr}}$	0,029	0,024	0,020	0,025	0,020	0,014	0,020	0,015	0,010
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{reg,nr}}$	0,017	0,015	0,012	0,015	0,013	0,011	0,013	0,011	0,008
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{cal,nr}}$	0,017	0,015	0,013	0,016	0,014	0,011	0,014	0,011	0,008
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{w}}$	0,019	0,017	0,014	0,018	0,016	0,013	0,014	0,013	0,009

El resultado coincide para los tres casos y la conclusión es que cuando la población tiene una dispersión baja, dentro de los niveles de respuesta considerados, las varianzas más pequeñas se obtienen utilizando el estimador $\hat{R}_{reg,nr}$ o el $\hat{R}_{cal,nr}$. En ningún caso el estimador propuesto es mejor que los dos mencionados, aún cuando la diferencia de varianzas es prácticamente insignificante. Esta conclusión se alinea con lo observado y descrito previamente en relación con el error cuadrático medio simulado.

A manera de conclusión, se recomienda la utilización del estimador propuesto considerando que reduce significativamente los niveles de sesgo relativo, esto siempre que se cuente con

Cuadro 14: Varianza simulada × 100, Normal, Tasa NR=20 %

Estim.	Esc1	Esc2	Esc3	Esc4	Esc5	Esc6	Esc7	Esc8	Esc9
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{nr}}$	0,020	0,020	0,020	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,020
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{raz,nr}}$	0,032	0,027	0,021	0,028	0,022	0,016	0,022	0,017	0,011
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{reg,nr}}$	0,019	0,016	0,014	0,018	0,016	0,012	0,013	0,012	0,009
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{cal,nr}}$	0,019	0,018	0,015	0,018	0,016	0,012	0,015	0,013	0,009
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{w}}$	0,022	0,020	0,015	0,022	0,019	0,015	0,016	0,015	0,010

Cuadro 15: Varianza simulada × 100, Normal, Tasa NR=30 %

Estim.	Esc1	Esc2	Esc3	Esc4	Esc5	Esc6	Esc7	Esc8	Esc9
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{nr}}$	0,024	0,024	0,022	0,023	0,024	0,024	0,024	0,024	0,023
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{raz,nr}}$	0,036	0,032	0,025	0,032	0,025	0,020	0,027	0,019	0,013
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{reg,nr}}$	0,022	0,019	0,016	0,020	0,019	0,014	0,016	0,014	0,010
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{cal,nr}}$	0,022	0,020	0,017	0,020	0,018	0,014	0,018	0,014	0,010
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{w}}$	0,027	0,024	0,017	0,025	0,021	0,016	0,021	0,017	0,011

información auxiliar disponible y haciendo caso a las recomendaciones previamente enunciadas. Aún cuando no arroja las varianzas más pequeñas, la diferencia es mínima en relación con los otros estimadores. El uso de este estimador permitirá al investigador garantizar la confiabilidad de las estimaciones entregadas a los usuarios finales.

3.4.3. Distribución Weibull - Respuesta Completa

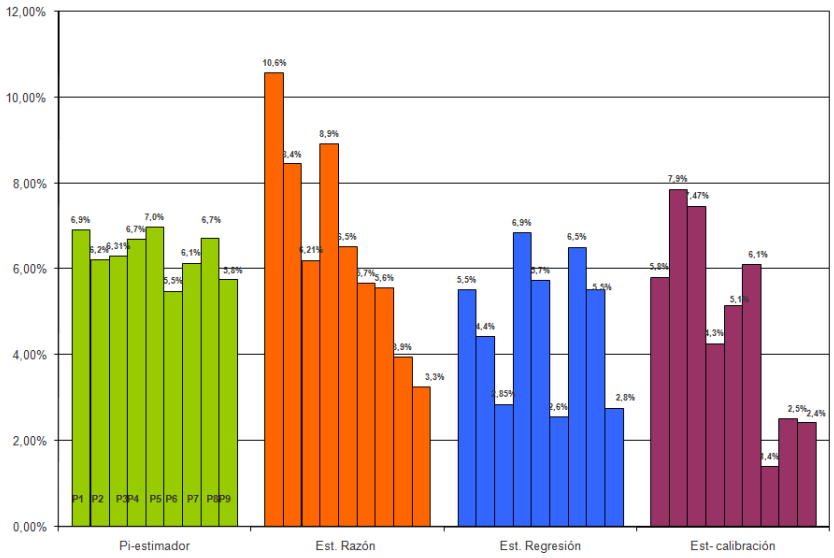
En la figura 11, se presenta un comparativo entre el sesgo relativo simulado de los diferentes estimadores para las 9 poblaciones analizadas. Se observa que en todos los casos el sesgo relativo es mayor al 1 % lo que implica pérdida de confiabilidad de las estimaciones aún cuando se obtiene respuesta para todos los individuos en la encuesta.

En todos los casos los estimadores analizados sobreestiman el parámetro. En este tipo de población se evidencia que contar con información auxiliar juega un papel clave en la reducción del sesgo al estimar razones, los estimadores de regresión y de calibración permiten reducciones significativas en los niveles de sesgo relativo.

Como se observa en la figura 12, los coeficientes de variación se reducen con el uso de información auxiliar y a medida que la correlación entre las variables de estudio y las variables auxiliares aumenta. Aún así, es importante mencionar que el uso de información levemente correlacionada no va a generar mayor precisión y por el contrario sólo generaría una mayor complejidad en el cálculo de las estimaciones. Un análisis de la calidad de esta información auxiliar es mandatorio antes de iniciar cualquier proceso de producción de cifras. Por otra parte, en esta población las diferencias de magnitud entre los coeficientes es significativa y esto se explica por la alta variabilidad en la población de las variables en estudio.

En el caso particular de esta simulación, los resultados indican que los estimadores de regresión

Figura 11: Sesgo Relativo Muestra RC estimador RC WEIBULL



y de calibración, $\hat{R}_{reg}$ y $\hat{R}_{cal}$ respectivamente, tienen niveles de precisión similares, pero en el caso de mayor correlación el estimador de calibración genera el menor coeficiente de variación.

3.4.4. Distribución Weibull - No Respuesta

El análisis del comportamiento en términos de varianza y sesgo de los estimadores en presencia de no-respuesta, en esta población se centra en análisis comparativo de varianzas simuladas (V_{sim}), sesgos relativos simulados (BR_{sim}) y error cuadrático medio relativo simulado ($ECMR_{sim}$), las definiciones de estas características se presentaron anteriormente.

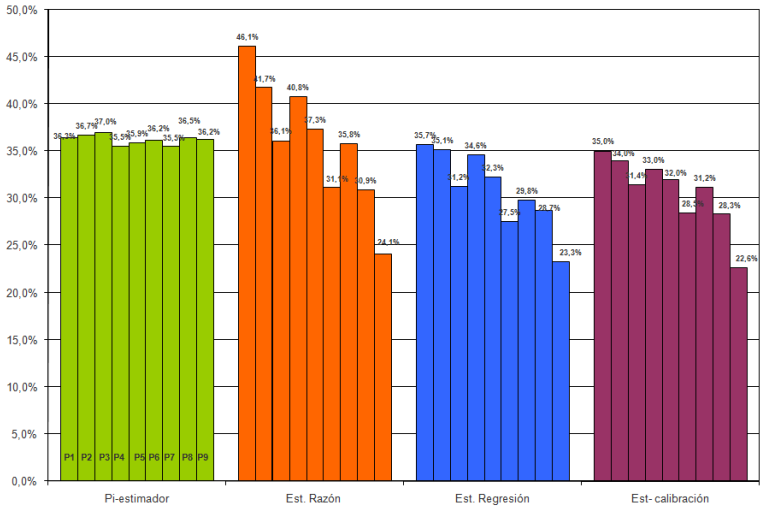
Como se mencionó previamente se simularon 27 poblaciones que ajustan a una distribución Weibull, cada una con tres diferentes tasas de no-respuesta, $10\,\%, 20\,\%$ y $30\,\%$.

En esta sección se analizan en detalle los 4 escenarios escogidos como ilustración de los diferentes tipos de correlación simulados, que fueron especificados para la Distribución normal. En el anexo de este documento, se incluyen las tablas de resultados para los 27 escenarios simulados.

Las figuras que se presentan a continuación son de iguales características a las presentadas para la distribución normal, por lo cual su lectura debe considerar los elementos mencionados anteriormente.

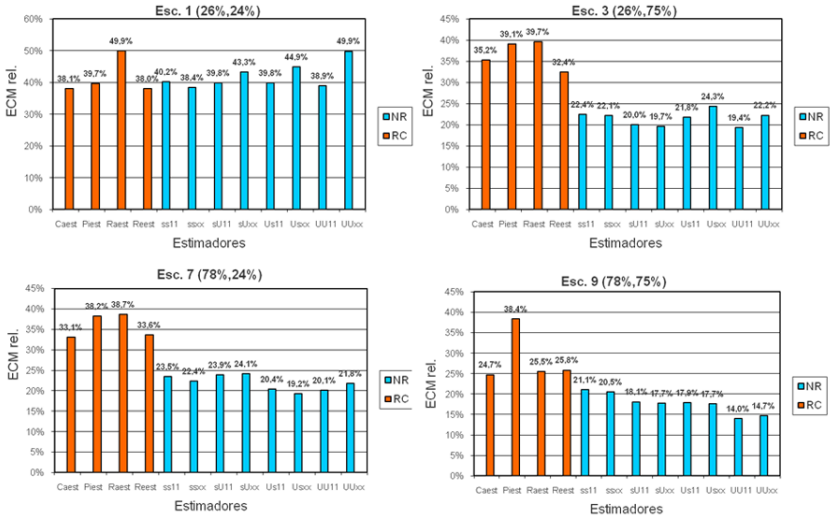
Igualmente se analizan en esta sección los estimadores con ajuste a la ponderación ($\hat{R}_{nr}$, $\hat{R}_{raz,nr}$, $\hat{R}_{reg,nr}$ y $\hat{R}_{cal,nr}$) y el estimador propuesto en este trabajo ($\hat{R}_{wU}, \hat{R}_{wS}$) bajo los

Figura 12: CV Muestra RC estimador RC WEIBULL



diferentes supuestos para q_k y niveles de información auxiliar disponible.

Figura 13: Comparación de niveles de precisión - Dist. Weibull Tasa de NR=10 %



Las figuras 13 a la 15, muestran el comportamiento del $ECMR_{sim}$ en los diferentes niveles de no-respuesta en evaluación, en una población con altos niveles de dispersión de las variables en estudio y y z, y auxiliares x y x^*. En general, el estimadores $\hat{R}_w$ tienen menores valores de $ECMR_{sim}$ y las diferencias con el resto de estimadores analizados son significativas.

En general para los diferentes niveles de respuesta, no se aprecian diferencias o tendencias claramente marcadas en relación con los valores que toma el $ECMR_{sim}$, para diferentes

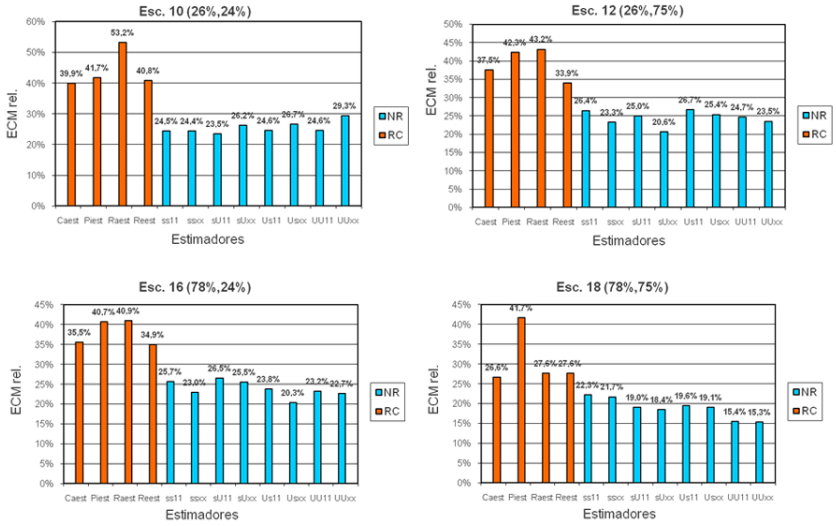
combinaciones entre Info-U e Info-S y valores de q_k.

De manera sutil, se observa que en los casos de información correlación alta-baja y baja-alta (escenarios 3 y 4 para el 10 %, 12 y 16 para el 20 % y 21 y 25 para el 30 %), se alternan los casos SU y US para mostrar menores valores del $ECMR_{sim}$

La figura 13, en la cual se muestran los resultados para no-respuesta del 10 %, muestra que utilizar el estimador $\hat{R}_w$ propuesto permite obtener reducciones entre 40 % y 40 % en el $ECMR_{sim}$, lo cual es una gran ventaja de este estimador. A excepción del escenario 1, en el cual el estimador se comporta similar a los estimadores $R_{reg,nr}$ y $\hat{R}_{cal,nr}$, en este caso, la información auxiliar disponible es levemente correlacionada, y el estimador no arroja resultados mejores.

La figura 14, en la cual se muestran los resultados para no-respuesta del 20 %, muestra resultados similares a los descritos anteriormente. Con la diferencia que en este caso, incluso el escenario 1 muestra una reducción aproximada del 35 %.

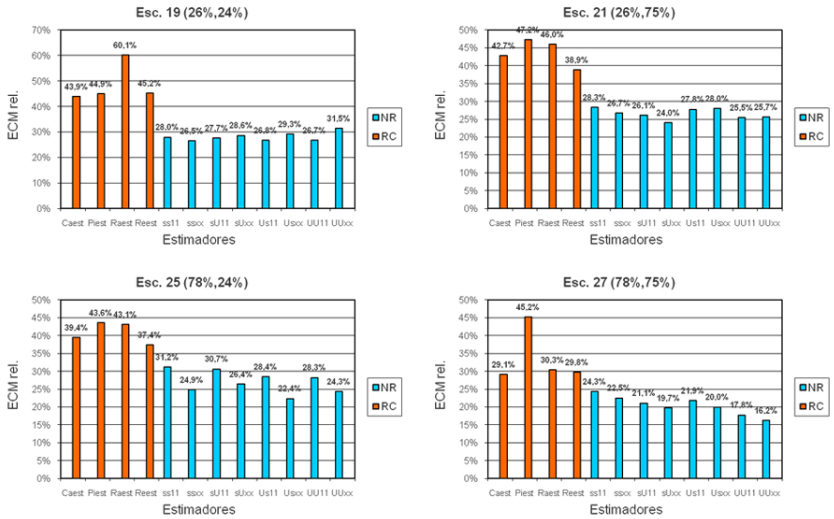
Figura 14: Comparación de niveles de precisión - Dist. Weibull Tasa de NR=20 %



Por último, en un nivel mayor de no respuesta, se observa comportamiento similar a lo descrito. Adicionalmente, vale la pena mencionar que en niveles de alta correlación tanto en numerador como en denominador, los niveles de $ECMR_{sim}$ se acercan al 15 %, lo cual en este caso que ilustra la estimación de un dominio, es una ventaja inmensa en la práctica y por esto se justifica el uso del estimador propuesto.

Las figuras 16 a 18, muestran en los tres casos de proporción de no-respuesta analizados, el comportamiento del sesgo relativo simulado. En general se observan altos niveles de sesgo relativo especialmente para los estimadores que usan ajuste en las ponderaciones, la utilización del estimador $\hat{R}_w$ conlleva a su reducción de manera significativa. Adicionalmente, contar

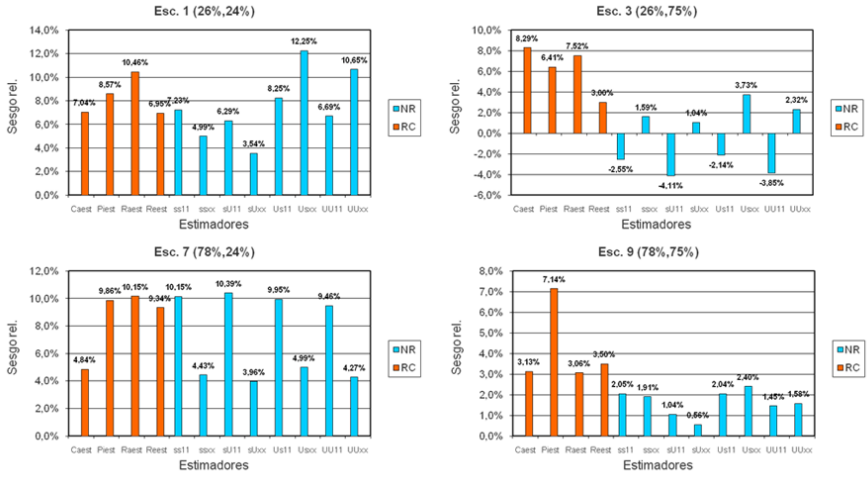
Figura 15: Comparación de niveles de precisión - Dist. Weibull Tasa de NR=30 %



con información altamente correlacionada en el denominador es altamente deseable para conseguir una reducción del sesgo. Por otro lado, tener información altamente correlacionada en numerador y levemente correlacionada en denominador, arroja resultados prácticamente iguales a los obtenidos cuando se cuenta con baja correlación en numerador y denominador.

En el caso de no-respuesta al 10 %, la figura 16 muestra que los sesgos observados, en general sobre pasan el 4 % llegando hasta a niveles de 10 % cuando no se dispone de información auxiliar.

Figura 16: Comparación del sesgo relativo - Dist. Weibull Tasa de NR=10 %



El estimador propuesto en su mejor escenario lleva el sesgo a menos de 1 %, lo cual es real-

mente una fortaleza de este estimador. A continuación se agregan algunos comentarios diferenciadores por escenario:

- En el escenario 1, todos los estimadores ofrecen sesgos relativos positivos pero significativamente mayores al 1 %. Aún con una baja correlación de la información auxiliar el estimador $\hat{R}_w$ permite reducir el sesgo a la mitad 3 % del que se tendría en el caso de usar el estimador $\hat{R}_{nr}$, que frecuentemente se utiliza. En relación con las diferentes opciones de configuración del estimador $\hat{R}_w$, se observa que contar con Info-S en numerador y denominador o contar con Info-U solo en el denominador combinado con la elección de $q_k = 1/x$, genera las mayores reducciones de sesgo. Sin embargo, no se observa un claro patrón al respecto.
- Cuando la correlación aumenta en el denominador (Esc.3), El estimador $\hat{R}_w$ tiene los menores sesgos relativos en valor absoluto para varias de las alternativas. Se observa una reducción de 8 % a 1 %. Se destaca que en todos los casos en que se utiliza $q_k = 1/x_k$ se obtienen sesgos relativos positivos y al definir $q_k = 1$, se obtienen sesgos negativos.
- En el caso contrario en que la correlación en el numerador aumenta (Esc.7), se mantiene la tendencia a que el menor sesgo relativo resulte por parte del estimador $\hat{R}_w$. En general, todos los estimadores en que se escoge $q_k = 1/x_k$ o $q_k = 1/x_k^*$, tienen los sesgos más pequeños. En este escenario todos los sesgos relativos son positivos, aunque no se logra la mayor reducción posible en comparación con otros escenarios, el sesgo no se acerca al 1 %.
- En el escenario 9, se mantiene la tendencia a obtener valores de BR_{sim} menores provenientes del estimador $\hat{R}_w$, se observa una mejora progresiva al contar con Info-U en numerador y denominador y se alcanzan niveles de sesgo del 0.5 %.

En el caso de no-respuesta al 20 %, la figura 17 muestra que los sesgos observados, en general sobre pasan el 4 % llegando hasta a niveles de 14 % cuando no se dispone de información auxiliar. El estimador propuesto en su mejor escenario lleva el sesgo a menos de 1 %, tal como se mostró en el escenario anterior. El aumento en la no-respuesta incrementa los sesgos relativos de los estimadores en que se ajustan las ponderaciones sin uso de información auxiliar. En contraposición el estimador propuesto no se ve afectado por el aumento en la tasa de no respuesta. Considerando que en general el comportamiento por escenario se mantiene en línea con lo descrito para no-respuesta al 10 %, no se incluyen comentarios detallados adicionales.

Con una no-respuesta del 30 %, la figura 18 muestra que los sesgos observados, en general sobre pasan el 4 % llegando hasta a niveles de 17 % cuando no se dispone de información auxiliar. El estimador propuesto en su mejor escenario lleva el sesgo a menos de 2 %, tal como se mostró en el escenario anterior. El aumento en la no-respuesta incrementa los sesgos relativos de los estimadores en que se ajustan las ponderaciones sin uso de información auxiliar. A este nivel de no-respuesta, se observa un detrimento de la reducción del sesgo con el estimador, aún cuando se comporta significativamente mejor que los demás. Considerando que en general el comportamiento por escenario se mantiene en línea con lo descrito para no-respuesta al 30 %, no se incluyen comentarios detallados adicionales.

Figura 17: Comparación del sesgo relativo - Dist. Weibull Tasa de NR=20 %

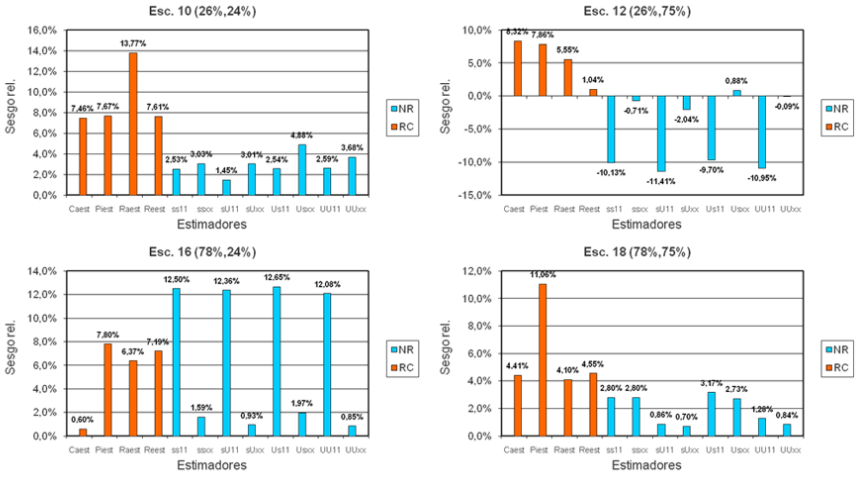
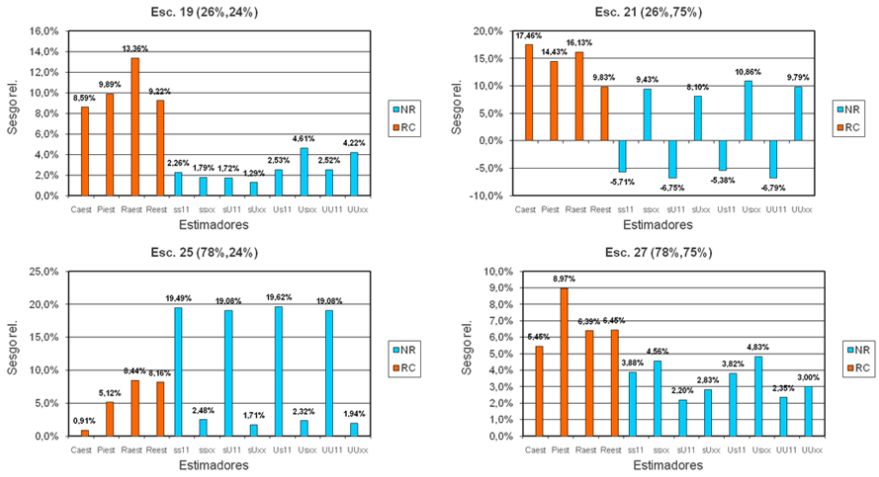


Figura 18: Comparación del sesgo relativo - Dist. Weibull Tasa de NR=30 %



Los cuadros 16 a 18, muestran un comparativo de las varianzas entre los estimadores $\hat{R}_{nr}$, $\hat{R}_{raz,nr}$, $\hat{R}_{reg,nr}$, $\hat{R}_{cal,nr}$ y $\hat{R}_w$; en cada uno de las tasas de no respuesta analizadas 10 %, 20 % y 30 %, respectivamente.

El resultado coincide para los tres casos y la conclusión es que en poblaciones con altos niveles de dispersión de las variables de estudio, dentro de los niveles de respuesta considerados, las varianzas más pequeñas se obtienen utilizando el estimador propuesto, mostrando niveles significativamente menores a los que se obtienen con las opciones de estimación restantes.

Esta conclusión se alinea con lo observado y descrito previamente en relación con el error cuadrático medio simulado.

A manera de conclusión, se recomienda la utilización del estimador propuesto considerando que reduce significativamente los niveles de sesgo relativo y de varianza, siempre que se cuente con información auxiliar disponible y tomando en cuenta las características de información disponible que mejor se comportan. En esta segunda parte del análisis se confirma que el uso de este estimador permitirá al investigador garantizar la confiabilidad de las estimaciones entregadas a los usuarios finales.

Cuadro 16: Varianza simulada × 100, Weibull, Tasa NR=10 %

Estim.	**Esc1**	**Esc2**	**Esc3**	**Esc4**	**Esc5**	**Esc6**	**Esc7**	**Esc8**	**Esc9**
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{nr}}$	19,35	18,86	17,02	17,03	19,39	16,24	17,30	17,80	15,83
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{raz,nr}}$	31,71	24,65	17,79	25,01	19,65	12,00	17,78	11,45	6,60
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{reg,nr}}$	17,37	16,27	11,16	16,35	14,86	9,90	13,14	10,28	6,79
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{cal,nr}}$	17,52	15,76	14,00	15,13	14,94	9,82	12,28	9,17	6,19
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{w}}$	17,40	4,61	3,36	5,03	4,54	2,84	3,98	3,26	1,93

Cuadro 17: Varianza simulada × 100, Weibull, Tasa NR=20 %

Estim.	**Esc1**	**Esc2**	**Esc3**	**Esc4**	**Esc5**	**Esc6**	**Esc7**	**Esc8**	**Esc9**
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{nr}}$	21,23	21,31	20,41	20,82	23,57	20,36	19,32	20,56	19,55
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{raz,nr}}$	37,72	30,03	20,67	29,50	23,16	15,63	19,22	14,97	7,82
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{reg,nr}}$	20,26	21,17	11,86	20,41	17,66	11,66	14,03	12,13	7,86
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{cal,nr}}$	19,30	19,09	15,98	18,78	15,47	12,14	13,26	11,51	7,28
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{w}}$	6,13	5,89	3,65	6,34	5,81	3,57	4,43	4,21	2,29

Cuadro 18: Varianza simulada × 100, Weibull, Tasa NR=30 %

Estim.	**Esc1**	**Esc2**	**Esc3**	**Esc4**	**Esc5**	**Esc6**	**Esc7**	**Esc8**	**Esc9**
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{nr}}$	25,40	22,55	27,36	26,15	25,10	25,97	21,49	21,41	22,67
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{raz,nr}}$	48,34	33,43	26,15	31,01	27,95	17,41	21,95	16,01	9,67
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{reg,nr}}$	25,49	20,65	17,44	22,95	20,70	14,30	16,27	12,65	9,33
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{cal,nr}}$	23,88	19,19	22,37	20,18	17,92	15,28	16,44	12,37	8,80
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{w}}$	7,87	6,50	5,24	7,42	6,78	4,28	5,38	4,47	2,61

3.4.5. Distribución Weibull Estratificada - No Respuesta

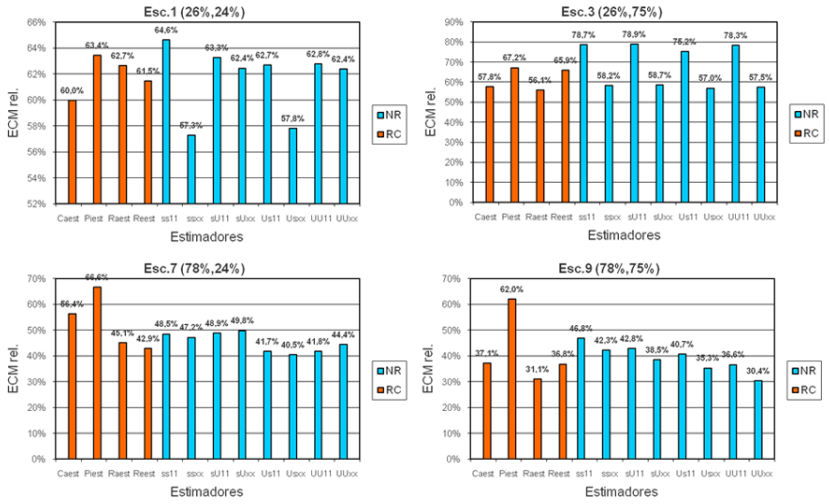
Un escenario adicional de no-respuesta considerado en la población con distribución Weibull, consistió en definir en cada una de las 9 poblaciones 3 estratos entre los cuales se observan diferencias significativas para el valor de R (ver cuadro 7).

Se simuló sobre estas poblaciones estratificadas una distribución uniforme de respuesta por estrato.Se generaron 18 escenarios con una tasa de no respuesta promedio de 25 % en los primeros 9 escenarios y de 30 % en los 9 restantes. La asignación de no-respuesta por estrato consideró dos posibles comportamientos de la no respuesta:

- En las primeras poblaciones 1 a 9, se asignó una probabilidad de no-respuesta alta (60 %) en el grupo con mayor valor para la razón poblacional, es decir, en el grupo 3 en que R está alrededor de 4, y se asignó una probabilidad de no-respuesta baja (10 %)en el estrato con menor valor de R, alrededor de 0.01.
- En las poblaciones 10 a 18, se invirtieron las probabilidades de no-respuesta, asignando la mayor al grupo con menor valor del parámetro R y viceversa.

Las figuras 19 y 20, muestran el comportamiento del error cuadrático medio en los diferentes escenarios analizados. Los niveles de esta medida no muestran reducciones significativas del estimador $\hat{R}_w$ en comparación con los estimadores $\hat{R}_{reg,nr}$ y $\hat{R}_{cal,nr}$, aunque si se observa reducción significativa frente a $\hat{R}_{nr}$. La figura 19, muestra que se requiere información auxiliar fuertemente correlacionada tanto en numerador para conseguir reducciones en el nivel del sesgo y una mayor eficiencia por parte del estimador propuesto.

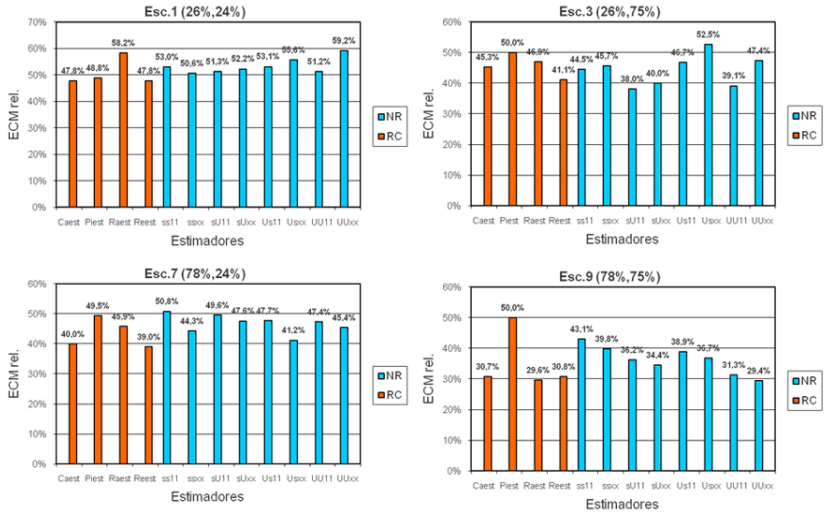
Figura 19: Comparación de niveles de precisión - Dist. Weibull estratificada



La figura 20, muestra un escenario en el cual se observa que no es recomendable utilizar el estimador $\hat{R}_w$ propuesto, puesto que se muestra que aunque la estimación auxiliar tenga altos

niveles de correlación en numerador y denominador, no se logra el impacto de reducción del sesgo esperado. El análisis del sesgo relativo presentado en la figura 21, ilustra la ocurrencia de

Figura 20: Comparación de niveles de precisión - Dist. Weibull est. inv.



sesgos negativos en general para las diferentes opciones evaluadas. ESto significa la tendencia a subestimar de los estimadores en poblaciones de estas características con ocurrencia de no-respuesta como la especificada. Por otra parte, se destaca positivamente que el estimador $\hat{R}_w$ en todos los escenarios permite obtener reducciones significativas en la magnitud del sesgo. Incluso en el caso de alta correlación en numerador y denominador se obtienen reducciones de más del 50 % en comparación con los otros estimadores evaluados; y en el caso de correlación fuerte en el numerador el sesgo relativo se reduce hasta llegar a ser menor a 50 %. En la

Figura 21: Comparación del sesgo relativo - Dist. Weibull estratificado

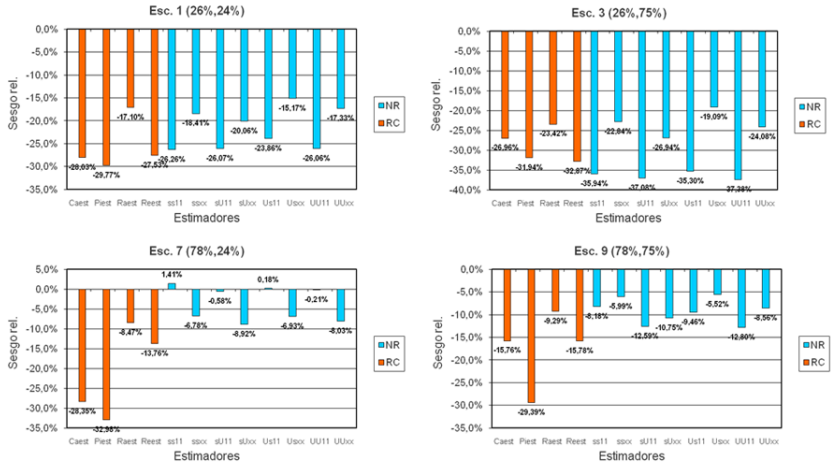
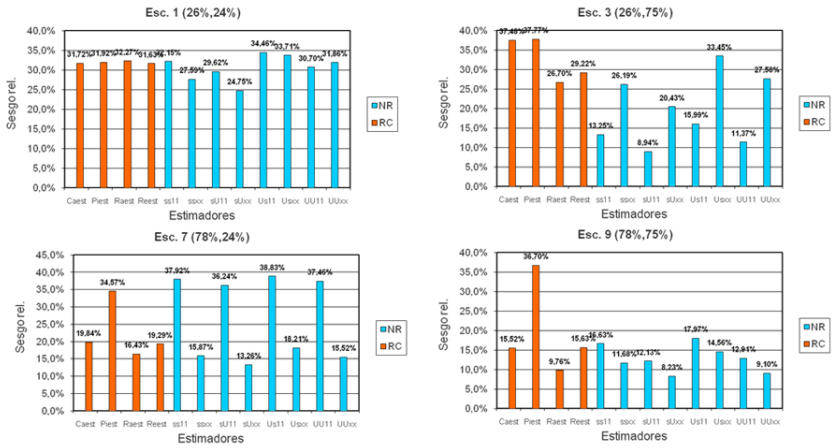


figura 22, por el contrario se observa que en todos los casos el sesgo es positivo, es decir el

estimador tiende a sobre-estimar. Aunque el estimador $\hat{R}_w$, aporta los menores niveles de sesgo, en ningún caso de los observados se logra reducir el sesgo a menos del 1 %

Figura 22: Comparación del sesgo relativo - Dist. Weibull est. inv.



Cuadro 19: Varianza simulada × 100, Weibull estratificado (NR=26 %)

Estim.	Esc1	Esc2	Esc3	Esc4	Esc5	Esc6	Esc7	Esc8	Esc9
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{nr}}$	11,92	11,41	10,80	10,00	10,52	10,02	9,39	10,62	10,15
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{raz,nr}}$	26,09	18,74	13,10	20,95	14,43	11,46	16,96	14,28	6,86
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{reg,nr}}$	13,30	11,14	8,86	12,07	10,43	9,36	12,26	12,50	6,89
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{cal,nr}}$	11,69	11,25	10,65	9,03	9,55	14,83	8,59	12,19	7,04
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{w}}$	15,99	13,43	10,16	17,17	13,78	10,41	14,24	14,33	6,75

Cuadro 20: Varianza simulada × 100, Weibull est. inv. (NR=30 %)

Estim.	Esc1	Esc2	Esc3	Esc4	Esc5	Esc6	Esc7	Esc8	Esc9
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{nr}}$	33,92	36,54	33,51	34,14	35,96	31,93	33,58	28,04	32,05
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{raz,nr}}$	53,07	38,84	28,43	41,78	27,00	17,84	26,82	15,19	9,28
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{reg,nr}}$	32,11	27,41	19,89	27,03	23,37	15,61	18,57	13,55	9,90
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{cal,nr}}$	32,03	28,37	24,96	26,31	23,32	17,28	19,71	12,90	9,84
$\hat{\mathbf{R}}_{\mathbf{w}}$	37,03	30,06	16,52	28,56	21,87	14,62	21,19	15,17	9,15

4. Conclusiones

El objetivo central de este trabajo consistió en hacer una propuesta de tratamiento de la no-respuesta en la estimación de razones en encuestas realizadas por muestreo probabilístico, haciendo uso del concepto de calibración el cual permite generar un conjunto de factores de proyección que ajusta o modifica los factores originales del diseño.

A partir de la propuesta de **Lündstrom y Särndal** (1999) en la que se propone un estimador de no-respuesta a través de calibración para la estimación de un total y de **Plikusas** (2006) quien a partir de los desarrollos presentados por **Deville y Särndal** (1992) definió la forma del estimador de calibración para una razón y para otras funciones de totales, la propuesta consistió en combinar el trabajo de estos autores para proponer un nuevo estimador y analizar a través de simulación de Montecarlo el comportamiento del sesgo y la varianza del mismo.

Por último, se realizó una comparación con otras alternativas de estimación en presencia de no-respuesta, con el fin de analizar los escenarios en que el estimador propuesto se identifica como una alternativa para reducción de sesgo y varianza en las estimaciones provenientes de una encuesta .

El análisis de las propiedades del estimador, realizado a través de simulación consideró las siguientes variables para generación de escenarios:

- Distribución poblacional y dispersión de las variables de estudio
- Disponbilidad de información auxiliar a diferentes niveles de correlación con las variables numerador y denominador de la razón, y tipo de información disponible a nivel poblacional y/o muestral.
- Tasa de no-respuesta
- Distribución de la no-respuesta a través de la población

Se recomienda la utilización del estimador propuesto R_w para la estimación de razones en presencia de no-respuesta, considerando que reduce significativamente los niveles de sesgo relativo, siempre que se cuente con información auxiliar disponible y haciendo caso a las recomendaciones particulares presentadas en el análisis detallado. Adicionalmente, se observó que se obtienen las varianzas más pequeñas en poblaciones de alta variabilidad. Este estimador tiene las propiedades requeridas para garantizar al usuario final de una encuesta los niveles de precisión y la confiabilidad requeridos para una correcta toma de decisiones.

A continuación se resumen los principales puntos a destacar a partir del estudio realizado:

- Distribución normal
    - Cuando se obtiene respuesta para todos los elementos en el conjunto s, los sesgos relativos en general para los diferentes estimadores se mantienen por debajo de

1 %, los estimadores de regresión y de calibración gracias al uso de información auxiliar permiten reducir el sesgo y acercarlo a cero.

- Para el estimador propuesto, se concluye que el tipo de información auxiliar disponible en numerador y denominador impacta la varianza, y la escogencia de q_k impacta el sesgo
- El sesgoi relativo del estimador proupuesto es en general menor que las otras alternativas, exceptuando casos de baja correlación en numerador y denominador de manera simultanea.
- El sesgo relativo tiende a ser negativo cuando en el numerador se cuenta con variables levemente correlacionadas y en el denominador se tiene una correlación medianamente fuerte en adelante.
- A medida que aumenta la tasa de no-respuesta, el sesgo relativo crece. En los casos en que la variable auxiliar no está fuertemente correlacionada, el estimador empieza a perder calidad.
- Información auxiliar fuertemente correlacionada con el denominador impacta en la reducción del sesgo. Por el contrario, en los casos de numerador con alta correlación y denominador con baja, se tiene un impacto negativo en el estimador.
- El estimador propuesto presenta varianzas y errores cuadráticos medios iguales o levemente superiores a los estimadores de regresión y calibración, en este sentido no es significativamente mejor. Sin embargo, en cuanto a sesgo relativo es recomendable recurrir a esta alternativa, particularmente en situaciones en que se cuenta con información auxiliar fuertemente correlacionada con el denominador.
- A manera de conclusión, se recomienda la utilización del estimador propuesto considerando que reduce significativamente los niveles de sesgo relativo, esto siempre que se cuente con información auxiliar disponible y haciendo caso a las recomendaciones previamente enunciadas. Aún cuando no arroja las varianzas más pequeñas, la diferencia es mínima en relación con los otros estimadores. El uso de este estimador permitirá al investigador garantizar la confiabilidad de las estimaciones entregadas a los usuarios finales.

- Distribución Weibull

  - Cuando se obtiene respuesta para todos los elementos en el conjunto s, los sesgos relativos en general para los diferentes estimadores exceden al 1 %. Gracias al uso de información auxiliar, los estimadores de regresión y de calibración permiten reducir el sesgo significativamente.
  - El estimador propuesto permite reducir en promedio aproximadamente un 35 % del $ECMR_{sim}$. Adicionalmente, vale la pena mencionar que en niveles de alta correlación tanto en numerador como en denominador, los niveles de $ECMR_{sim}$ se acercan al 15 %, lo cual en este caso que ilustra la estimación de un dominio, es una ventaja inmensa en la práctica y por esto se justifica el uso del estimador propuesto.
  - En general para los diferentes niveles de respuesta, no se aprecian diferencias o tendencias claramente marcadas en relación con los valores que toma el $ECMR_{sim}$,

para diferentes combinaciones entre Info-U e Info-S y valores de q_k. De manera sutil, se observa que en los casos de información con correlación alta-baja y baja-alta (escenarios 3 y 4 para el 10 %, 12 y 16 para el 20 % y 21 y 25 para el 30 %), se alternan los casos SU y US para mostrar menores valores del $ECMR_{sim}$

5. Bibliografía

Bautista, J.L., (1998), "Diseños de muestreo estadístico", Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Estadística.

Bautista, J.L., (2003), "Técnicas de diseño y desarrollo de encuestas", Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Estadística. Notas de Clase no publicadas.

Deville, J.C., and Särndal,C.E. (1992), "Calibration estimators in survey sampling", Journal of the American Statistical Association. Theory and methods, 87. 376-382.

Estevao, V.M., and Särndal,C.E. (1999), "The use of auxiliary information in design-Based estimations for domains", Survey Methodology, Vol.25 No.2, pp 213-221. Statistics Canada

Hidiroglou,M.A. (1974), "Estimation of regression parameters for finite populations", Ph.D. thesis, Iowa State University, Ames, Iowa. 1974.

Horvitz,D.G., and Thompson,D.J. (1952), "A generalization of sampling without replacement from a finite universe", Journal of the American Statistical Association. 47. 663-685.

Krapavickaite, D., and Plikusas, A. (2005), "Estimation of a ratio in the finite population", Informatica. Vol.16. No. 3, 1-18. Institute of Mathematics and Informatics, Vilnius.

Lündstrom, S., and Särndal, C.E. (1999), "Calibration as a standard method for treatment of non response", Journal of Official Statistics. 15. 305-327.

Plikusas, A. (2006), "Non-linear calibration", Proceedings, Workshop on Survey Sampling, Venspils, Latvia. Riga: Central Statistical Bureau or Latvia.

Särndal, C.E. (1986), "A regression approach to estimation in the presence of nonresponse", Survey Methodology Statistics Canada.12. 207-216.

Särndal, C.E. (2007), "The calibration approach in survey theory and practice", Survey Methodology Statistics Canada. Vol.33 No.2 pp.99-119. 207-216.

Särndal, C.E., Swensson, E., and Wretman, J. (1992), "Model Assisted Survey Sampling", Springer-Verlag, New York.

Särndal, C.E. and Lündstrom, S. (2005), "Estimation in Surveys with Non-response", Wiley Series in Survey Methodology.

Tepping,B.J. (1968), "Variance estimation in complex surveys", Preceedings of the social statistics section, American Statistical Association. pp. 11-18.

Woodruff, R.S (1971), "A simple method for approximating the variance of a complicated estimate", Journal of the American Statistical Association 66. 411-414.

6. Anexos

6.1. Estadísticas de resumen Respuesta Completa (RC)

6.1.1. Distribución normal

Dist. normal, respuesta completa										
n =100, F =5000										
R	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	Estim.	Pob
0,19971	0,19999	0,00016	0,00029	0,14%	0,022	0,00016	6,37%	6,37%	^R	1
0,19971	0,20018	0,00026	0,00048	0,24%	0,030	0,00026	8,01%	8,02%	^Rraz	1
0,19971	0,19999	0,00015	0,00028	0,14%	0,023	0,00015	6,10%	6,10%	^Rreg	1
0,19971	0,20016	0,00015	0,00046	0,23%	0,038	0,00015	6,07%	6,07%	^Rcal	1
0,19961	0,20010	0,00016	0,00049	0,24%	0,039	0,00016	6,29%	6,29%	^R	2
0,19961	0,19993	0,00022	0,00032	0,16%	0,022	0,00022	7,35%	7,35%	^Rraz	2
0,19961	0,19987	0,00014	0,00026	0,13%	0,023	0,00014	5,83%	5,83%	^Rreg	2
0,19961	0,19984	0,00014	0,00023	0,12%	0,020	0,00014	5,85%	5,85%	^Rcal	2
0,20079	0,20113	0,00015	0,00034	0,17%	0,028	0,00015	6,14%	6,14%	^R	3
0,20079	0,20099	0,00017	0,00020	0,10%	0,016	0,00017	6,54%	6,54%	^Rraz	3
0,20079	0,20076	0,00011	-0,00003	-0,01%	0,003	0,00011	5,20%	5,20%	^Rreg	3
0,20079	0,20100	0,00012	0,00021	0,10%	0,019	0,00012	5,42%	5,43%	^Rcal	3
0,20143	0,20192	0,00016	0,00050	0,25%	0,039	0,00016	6,28%	6,29%	^R	4
0,20143	0,20172	0,00022	0,00030	0,15%	0,020	0,00022	7,31%	7,31%	^Rraz	4
0,20143	0,20171	0,00013	0,00029	0,14%	0,025	0,00013	5,72%	5,73%	^Rreg	4
0,20143	0,20160	0,00014	0,00018	0,09%	0,015	0,00014	5,85%	5,85%	^Rcal	4
0,20133	0,20149	0,00017	0,00016	0,08%	0,013	0,00017	6,42%	6,42%	^R	5
0,20133	0,20184	0,00017	0,00051	0,26%	0,039	0,00017	6,48%	6,49%	^Rraz	5
0,20133	0,20162	0,00012	0,00029	0,15%	0,026	0,00012	5,51%	5,51%	^Rreg	5
0,20133	0,20183	0,00012	0,00051	0,25%	0,046	0,00012	5,49%	5,49%	^Rcal	5
0,20252	0,20309	0,00016	0,00057	0,28%	0,044	0,00016	6,31%	6,32%	^R	6
0,20252	0,20283	0,00013	0,00031	0,15%	0,027	0,00013	5,71%	5,71%	^Rraz	6
0,20252	0,20269	0,00010	0,00017	0,09%	0,018	0,00010	4,83%	4,83%	^Rreg	6
0,20252	0,20298	0,00010	0,00046	0,23%	0,047	0,00010	4,89%	4,90%	^Rcal	6
0,19991	0,20038	0,00016	0,00047	0,24%	0,037	0,00016	6,38%	6,39%	^R	7
0,19991	0,20031	0,00018	0,00040	0,20%	0,030	0,00018	6,72%	6,72%	^Rraz	7
0,19991	0,20023	0,00011	0,00032	0,16%	0,031	0,00011	5,22%	5,23%	^Rreg	7
0,19991	0,20012	0,00012	0,00021	0,10%	0,019	0,00012	5,51%	5,51%	^Rcal	7
0,19981	0,20006	0,00016	0,00025	0,13%	0,020	0,00016	6,37%	6,37%	^R	8
0,19981	0,20009	0,00013	0,00028	0,14%	0,024	0,00013	5,78%	5,78%	^Rraz	8
0,19981	0,20040	0,00009	0,00058	0,29%	0,060	0,00009	4,83%	4,84%	^Rreg	8
0,19981	0,20014	0,00010	0,00033	0,16%	0,033	0,00010	4,94%	4,94%	^Rcal	8
0,20100	0,20150	0,00015	0,00050	0,25%	0,041	0,00015	6,09%	6,09%	^R	9
0,20100	0,20122	0,00009	0,00023	0,11%	0,024	0,00009	4,69%	4,69%	^Rraz	9
0,20100	0,20107	0,00007	0,00008	0%	0,009	0,00007	4,18%	4,18%	^Rreg	9
0,20100	0,20112	0,00007	0,00013	0,06%	0,015	0,00007	4,19%	4,19%	^Rcal	9

6.1.2. Distribución weibull

Dist. weibull, respuesta completa										
n =100, F =5000										
R	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	Estim.	Pob
1,04141	1,11328	0,16376	0,07187	7%	0,178	0,16892	36,35%	36,92%	^R	1
1,04141	1,15150	0,28222	0,11009	11%	0,207	0,29434	46,13%	47,11%	^Rraz	1
1,04141	1,09894	0,15368	0,05753	6%	0,147	0,15699	35,67%	36,05%	^Rreg	1
1,04141	1,10193	0,14888	0,06052	6%	0,157	0,15255	35,02%	35,44%	^Rcal	1
0,99728	1,05932	0,15135	0,06204	6%	0,159	0,15520	36,73%	37,19%	^R	2
0,99728	1,08150	0,20344	0,08422	8%	0,187	0,21054	41,71%	42,43%	^Rraz	2
0,99728	1,04141	0,13381	0,04413	4%	0,121	0,13576	35,13%	35,38%	^Rreg	2
0,99728	1,07567	0,13347	0,07840	8%	0,215	0,13961	33,96%	34,74%	^Rcal	2
1,00468	1,06806	0,15577	0,06338	6%	0,161	0,15978	36,95%	37,43%	^R	3
1,00468	1,06702	0,14850	0,06234	6%	0,162	0,15239	36,12%	36,59%	^Rraz	3
1,00468	1,03334	0,10419	0,02866	3%	0,089	0,10501	31,24%	31,36%	^Rreg	3
1,00468	1,07971	0,11500	0,07503	7%	0,221	0,12063	31,41%	32,17%	^Rcal	3
1,06166	1,13283	0,16178	0,07117	7%	0,177	0,16684	35,51%	36,06%	^R	4
1,06166	1,15630	0,22227	0,09464	9%	0,201	0,23123	40,77%	41,59%	^Rraz	4
1,06166	1,13442	0,15442	0,07276	7%	0,185	0,15972	34,64%	35,23%	^Rreg	4
1,06166	1,10697	0,13378	0,04531	4%	0,124	0,13584	33,04%	33,29%	^Rcal	4
1,01667	1,08766	0,15214	0,07099	7%	0,182	0,15718	35,86%	36,45%	^R	5
1,01667	1,08291	0,16324	0,06623	7%	0,164	0,16763	37,31%	37,81%	^Rraz	5
1,01667	1,07496	0,12040	0,05829	6%	0,168	0,12380	32,28%	32,73%	^Rreg	5
1,01667	1,06899	0,11721	0,05232	5%	0,153	0,11995	32,03%	32,40%	^Rcal	5
1,02422	1,08040	0,15277	0,05618	5%	0,144	0,15592	36,18%	36,55%	^R	6
1,02422	1,08224	0,11357	0,05802	6%	0,172	0,11693	31,14%	31,60%	^Rraz	6
1,02422	1,05048	0,08345	0,02626	3%	0,091	0,08414	27,50%	27,61%	^Rreg	6
1,02422	1,08682	0,09569	0,06261	6%	0,202	0,09961	28,46%	29,04%	^Rcal	6
1,01877	1,08129	0,14766	0,06253	6%	0,163	0,15157	35,54%	36,01%	^R	7
1,01877	1,07537	0,14842	0,05660	6%	0,147	0,15162	35,82%	36,21%	^Rraz	7
1,01877	1,08507	0,10443	0,06630	7%	0,205	0,10883	29,78%	30,40%	^Rreg	7
1,01877	1,03314	0,10368	0,01437	1%	0,045	0,10388	31,17%	31,20%	^Rcal	7
0,97559	1,04115	0,14404	0,06556	7%	0,173	0,14834	36,45%	36,99%	^R	8
0,97559	1,01410	0,09792	0,03851	4%	0,123	0,09940	30,86%	31,09%	^Rraz	8
0,97559	1,02939	0,08719	0,05380	6%	0,182	0,09009	28,69%	29,16%	^Rreg	8
0,97559	1,00015	0,08035	0,02456	3%	0,087	0,08096	28,34%	28,45%	^Rcal	8
0,98283	1,03951	0,14183	0,05668	6%	0,150	0,14505	36,23%	36,64%	^R	9
0,98283	1,01484	0,05999	0,03201	3%	0,131	0,06101	24,13%	24,34%	^Rraz	9
0,98283	1,00999	0,05516	0,02715	3%	0,116	0,05590	23,25%	23,41%	^Rreg	9
0,98283	1,00668	0,05198	0,02385	2%	0,105	0,05255	22,65%	22,77%	^Rcal	9

6.2. Estadísticas de resumen No Respuesta (NR)

6.2.1. Distribución normal

Dist. normal, no respuesta, n =100, F =5000, esc 1-10																					
	Muestra NR estimador RC										Muestra NR estimador NR										
R	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esc
0,19971	0,19920	0,00018	-0,00050	-0,00251	0,038	0,00018	6,69%	6,70%	10%	^Rnr	0,20053	0,00024	0,00082	0,00411	0,053	0,00024	7,71%	7,72%	10%	^Ruu11	1
0,19971	0,20010	0,00029	0,00040	0,00199	0,023	0,00029	8,58%	8,58%	10%	^Rraz,nr	0,20055	0,00022	0,00085	0,00423	0,057	0,00022	7,41%	7,42%	10%	^Rus11	1
0,19971	0,19978	0,00017	0,00008	0,00038	0,006	0,00017	6,47%	6,47%	10%	^Rreg,nr	0,20065	0,00022	0,00095	0,00474	0,064	0,00022	7,32%	7,34%	10%	^Rsu11	1
0,19971	0,19930	0,00017	-0,00041	-0,00203	0,031	0,00017	6,58%	6,58%	10%	^Rcal,nr	0,20048	0,00019	0,00077	0,00385	0,056	0,00019	6,82%	6,83%	10%	^Rss11	1
											0,20071	0,00029	0,00100	0,00502	0,058	0,00030	8,55%	8,57%	10%	^Ruuxx	1
											0,20028	0,00023	0,00058	0,00290	0,038	0,00023	7,61%	7,62%	10%	^Rusxx	1
											0,20007	0,00024	0,00037	0,00183	0,024	0,00024	7,70%	7,71%	10%	^Rsuxx	1
											0,20002	0,00019	0,00031	0,00158	0,023	0,00019	6,87%	6,87%	10%	^Rssxx	1
0,19961	0,19996	0,00017	0,00035	0,00175	0,026	0,00017	6,61%	6,61%	10%	^Rnr	0,19947	0,00021	-0,00014	-0,00070	0,010	0,00021	7,20%	7,20%	10%	^Ruu11	2
0,19961	0,20018	0,00024	0,00057	0,00286	0,037	0,00024	7,66%	7,66%	10%	^Rraz,nr	0,19931	0,00020	-0,00030	-0,00148	0,021	0,00020	7,09%	7,09%	10%	^Rus11	2
0,19961	0,20004	0,00015	0,00043	0,00216	0,036	0,00015	6,06%	6,07%	10%	^Rreg,nr	0,19951	0,00017	-0,00010	-0,00048	0,007	0,00017	6,59%	6,59%	10%	^Rsu11	2
0,19961	0,19964	0,00015	0,00003	0,00015	0,003	0,00015	6,05%	6,05%	10%	^Rcal,nr	0,19926	0,00018	-0,00035	-0,00174	0,026	0,00018	6,65%	6,65%	10%	^Rss11	2
											0,20010	0,00024	0,00050	0,00249	0,032	0,00024	7,71%	7,71%	10%	^Ruuxx	2
											0,20006	0,00022	0,00045	0,00226	0,030	0,00022	7,49%	7,49%	10%	^Rusxx	2
											0,19947	0,00019	-0,00014	-0,00071	0,010	0,00019	6,90%	6,90%	10%	^Rsuxx	2
											0,19980	0,00017	0,00020	0,00098	0,015	0,00017	6,57%	6,57%	10%	^Rssxx	2
0,20079	0,20136	0,00017	0,00057	0,00282	0,043	0,00017	6,53%	6,54%	10%	^Rnr	0,20041	0,00017	-0,00038	-0,00190	0,029	0,00017	6,53%	6,53%	10%	^Ruu11	3
0,20079	0,20189	0,00020	0,00110	0,00550	0,079	0,00020	6,96%	6,98%	10%	^Rraz,nr	0,20059	0,00021	-0,00020	-0,00100	0,014	0,00021	7,27%	7,27%	10%	^Rus11	3
0,20079	0,20145	0,00012	0,00066	0,00327	0,059	0,00012	5,52%	5,53%	10%	^Rreg,nr	0,20026	0,00014	-0,00053	-0,00266	0,046	0,00014	5,83%	5,83%	10%	^Rsu11	3
0,20079	0,20109	0,00013	0,00030	0,00147	0,026	0,00013	5,57%	5,57%	10%	^Rcal,nr	0,20060	0,00018	-0,00019	-0,00094	0,014	0,00018	6,69%	6,69%	10%	^Rss11	3
											0,20194	0,00019	0,00115	0,00573	0,083	0,00019	6,85%	6,87%	10%	^Ruuxx	3
											0,20211	0,00023	0,00132	0,00655	0,087	0,00023	7,47%	7,50%	10%	^Rusxx	3
											0,20192	0,00015	0,00113	0,00561	0,092	0,00015	6,04%	6,07%	10%	^Rsuxx	3
											0,20206	0,00018	0,00127	0,00632	0,093	0,00019	6,72%	6,75%	10%	^Rssxx	3
0,20143	0,20190	0,00017	0,00047	0,00234	0,036	0,00017	6,54%	6,55%	10%	^Rnr	0,20317	0,00021	0,00174	0,00866	0,121	0,00021	7,10%	7,15%	10%	^Ruu11	4
0,20143	0,20186	0,00025	0,00044	0,00216	0,028	0,00025	7,82%	7,82%	10%	^Rraz,nr	0,20321	0,00018	0,00179	0,00888	0,133	0,00018	6,62%	6,68%	10%	^Rus11	4
0,20143	0,20156	0,00015	0,00013	0,00066	0,011	0,00015	6,15%	6,15%	10%	^Rreg,nr	0,20321	0,00021	0,00178	0,00884	0,123	0,00021	7,10%	7,15%	10%	^Rsu11	4
0,20143	0,20192	0,00016	0,00049	0,00243	0,039	0,00016	6,18%	6,18%	10%	^Rcal,nr	0,20328	0,00019	0,00186	0,00922	0,136	0,00019	6,70%	6,76%	10%	^Rss11	4
											0,20189	0,00024	0,00046	0,00230	0,030	0,00024	7,72%	7,73%	10%	^Ruuxx	4
											0,20207	0,00019	0,00065	0,00321	0,047	0,00019	6,75%	6,76%	10%	^Rusxx	4
											0,20179	0,00024	0,00036	0,00180	0,023	0,00024	7,69%	7,69%	10%	^Rsuxx	4
											0,20226	0,00018	0,00084	0,00416	0,062	0,00018	6,70%	6,71%	10%	^Rssxx	4
0,20133	0,20173	0,00018	0,00040	0,00197	0,029	0,00019	6,74%	6,74%	10%	^Rnr	0,20264	0,00016	0,00131	0,00652	0,103	0,00016	6,30%	6,33%	10%	^Ruu11	5
0,20133	0,20183	0,00020	0,00050	0,00251	0,036	0,00020	6,98%	6,98%	10%	^Rraz,nr	0,20276	0,00018	0,00143	0,00711	0,108	0,00018	6,55%	6,59%	10%	^Rus11	5
0,20133	0,20205	0,00013	0,00072	0,00358	0,063	0,00013	5,66%	5,68%	10%	^Rreg,nr	0,20243	0,00017	0,00110	0,00548	0,084	0,00017	6,49%	6,51%	10%	^Rsu11	5
0,20133	0,20182	0,00014	0,00049	0,00243	0,041	0,00014	5,89%	5,90%	10%	^Rcal,nr	0,20292	0,00019	0,00159	0,00790	0,117	0,00019	6,72%	6,76%	10%	^Rss11	5
											0,20208	0,00020	0,00075	0,00371	0,053	0,00020	7,02%	7,03%	10%	^Ruuxx	5
											0,20271	0,00018	0,00139	0,00688	0,103	0,00018	6,64%	6,68%	10%	^Rusxx	5
											0,20210	0,00020	0,00077	0,00385	0,055	0,00020	6,97%	6,99%	10%	^Rsuxx	5
											0,20245	0,00019	0,00112	0,00556	0,081	0,00019	6,81%	6,83%	10%	^Rssxx	5
0,20252	0,20316	0,00018	0,00063	0,00313	0,047	0,00018	6,65%	6,66%	10%	^Rnr	0,20224	0,00014	-0,00028	-0,00140	0,024	0,00014	5,75%	5,75%	10%	^Ruu11	6
0,20252	0,20283	0,00014	0,00031	0,00153	0,026	0,00014	5,87%	5,87%	10%	^Rraz,nr	0,20264	0,00017	0,00012	0,00057	0,009	0,00017	6,44%	6,44%	10%	^Rus11	6
0,20252	0,20287	0,00011	0,00035	0,00174	0,033	0,00011	5,20%	5,20%	10%	^Rreg,nr	0,20233	0,00013	-0,00019	-0,00096	0,017	0,00013	5,64%	5,64%	10%	^Rsu11	6
0,20252	0,20276	0,00011	0,00024	0,00117	0,023	0,00011	5,17%	5,17%	10%	^Rcal,nr	0,20276	0,00018	0,00024	0,00119	0,018	0,00018	6,57%	6,57%	10%	^Rss11	6
											0,20254	0,00015	0,00002	0,00009	0,001	0,00015	6,06%	6,06%	10%	^Ruuxx	6
											0,20284	0,00019	0,00031	0,00155	0,023	0,00019	6,81%	6,82%	10%	^Rusxx	6
											0,20229	0,00014	-0,00023	-0,00114	0,020	0,00014	5,84%	5,84%	10%	^Rsuxx	6
											0,20286	0,00018	0,00034	0,00166	0,025	0,00018	6,57%	6,57%	10%	^Rssxx	6
0,19991	0,20113	0,00019	0,00122	0,00612	0,089	0,00019	6,83%	6,86%	10%	^Rnr	0,20274	0,00018	0,00283	0,01418	0,213	0,00018	6,55%	6,70%	10%	^Ruu11	7
0,19991	0,20089	0,00020	0,00098	0,00491	0,070	0,00020	7,02%	7,04%	10%	^Rraz,nr	0,20290	0,00015	0,00300	0,01499	0,247	0,00016	5,97%	6,15%	10%	^Rus11	7
0,19991	0,20074	0,00013	0,00083	0,00413	0,072	0,00013	5,69%	5,70%	10%	^Rreg,nr	0,20251	0,00022	0,00260	0,01300	0,174	0,00023	7,36%	7,47%	10%	^Rsu11	7
0,19991	0,20070	0,00014	0,00079	0,00398	0,067	0,00014	5,93%	5,95%	10%	^Rcal,nr	0,20279	0,00019	0,00288	0,01439	0,208	0,00020	6,81%	6,96%	10%	^Rss11	7
											0,20069	0,00020	0,00078	0,00389	0,055	0,00020	6,99%	7,00%	10%	^Ruuxx	7
											0,20054	0,00014	0,00063	0,00314	0,053	0,00014	5,97%	5,98%	10%	^Rusxx	7
											0,20040	0,00024	0,00049	0,00245	0,031	0,00024	7,77%	7,77%	10%	^Rsuxx	7
											0,20069	0,00019	0,00078	0,00390	0,056	0,00019	6,90%	6,91%	10%	^Rssxx	7
0,19981	0,20057	0,00019	0,00076	0,00381	0,056	0,00019	6,79%	6,80%	10%	^Rnr	0,20081	0,00013	0,00100	0,00501	0,089	0,00013	5,57%	5,60%	10%	^Ruu11	8
0,19981	0,19993	0,00015	0,00012	0,00060	0,010	0,00015	6,04%	6,04%	10%	^Rraz,nr	0,20144	0,00014	0,00162	0,00813	0,139	0,00014	5,82%	5,87%	10%	^Rus11	8
0,19981	0,20009	0,00011	0,00028	0,00138	0,027	0,00011	5,17%	5,17%	10%	^Rreg,nr	0,20130	0,00017	0,00149	0,00744	0,112	0,00018	6,57%	6,61%	10%	^Rsu11	8
0,19981	0,20003	0,00011	0,00022	0,00111	0,021	0,00011	5,25%	5,25%	10%	^Rcal,nr	0,20152	0,00018	0,00171	0,00855	0,127	0,00018	6,69%	6,74%	10%	^Rss11	8
											0,19956	0,00014	-0,00025	-0,00125	0,021	0,00014	6,02%	6,02%	10%	^Ruuxx	8
											0,20041	0,00014	0,00060	0,00301	0,052	0,00014	5,80%	5,81%	10%	^Rusxx	8
											0,19957	0,00018	-0,00025	-0,00123	0,018	0,00018	6,72%	6,72%	10%	^Rsuxx	8
											0,19975	0,00017	-0,00006	-0,00032	0,005	0,00017	6,57%	6,57%	10%	^Rssxx	8
0,20100	0,20072	0,00018	-0,00028	-0,00139	0,021	0,00018	6,64%	6,65%	10%	^Rnr	0,20135	0,00009	0,00036	0,00178	0,038	0,00009	4,66%	4,66%	10%	^Ruu11	9
0,20100	0,20112	0,00010	0,00013	0,00063	0,013	0,00010	4,99%	4,99%	10%	^Rraz,nr	0,20148	0,00013	0,00048	0,00239	0,043	0,00013	5,56%	5,57%	10%	^Rus11	9
0,20100	0,20080	0,00008	-0,00020	-0,00098	0,022	0,00008	4,49%	4,49%	10%	^Rreg,nr	0,20122	0,00013	0,00022	0,00112	0,020	0,00013	5,57%	5,57%	10%	^Rsu11	9
0,20100	0,20076	0,00008	-0,00024	-0,00117	0,027	0,00008	4,35%	4,35%	10%	^Rcal,nr	0,20127	0,00017	0,00027	0,00134	0,021	0,00017	6,55%	6,55%	10%	^Rss11	9
											0,20113	0,00010	0,00013	0,00066	0,014	0,00010	4,88%	4,88%	10%	^Ruuxx	9
											0,20129	0,00013	0,00030	0,00147	0,026	0,00013	5,73%	5,73%	10%	^Rusxx	9
											0,20070	0,00014	-0,00029	-0,00146	0,025	0,00014	5,87%	5,88%	10%	^Rsuxx	9
											0,20097	0,00017	-0,00002	-0,00012	0,002	0,00017	6,45%	6,45%	10%	^Rssxx	9
0,19971	0,20058	0,00020	0,00087	0,00435	0,061	0,00021	7,13%	7,14%	19%	^Rnr	0,20099	0,00027	0,00129	0,00645	0,078	0,00027	8,17%	8,19%	19%	^Ruu11	10
0,19971	0,20021	0,00032	0,00050	0,00252	0,028	0,00032	8,91%	8,91%	19%	^Rraz,nr	0,20126	0,00024	0,00156	0,00780	0,101	0,00024	7,63%	7,67%	19%	^Rus11	10
0,19971	0,20020	0,00019	0,00049	0,00246	0,035	0,00019	6,92%	6,93%	19%	^Rreg,nr	0,20067	0,00024	0,00097	0,00485	0,062	0,00024	7,76%	7,77%	19%	^Rsu11	10
0,19971	0,19988	0,00019	0,00018	0,00089	0,013	0,00019	6,87%	6,87%	19%	^Rcal,nr	0,20076	0,00023	0,00105	0,00528	0,070	0,00023	7,47%	7,49%	19%	^Rss11	10
											0,20058	0,00031	0,00088	0,00440	0,050	0,00031	8,79%	8,80%	19%	^Ruuxx	10
											0,20073	0,00028	0,00102	0,00511	0,061	0,00028	8,29%	8,31%	19%	^Rusxx	10
											0,19990	0,00028	0,00020	0,00098	0,012	0,00028	8,37%	8,37%	19%	^Rsuxx	10
											0,20012	0,00022	0,00041	0,00205	0,027	0,00022	7,45%	7,45%	19%	^Rssxx	10

Dist. normal, no respuesta, n =100, F =5000, esc 11-20

	Muestra NR estimador RC										Muestra NR estimador NR										
R	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esc
0,19961	0,19917	0,00020	-0,00044	-0,00218	0,031	0,00020	7,07%	7,08%	20%	^Rnr	0,19883	0,00023	-0,00078	-0,00391	0,051	0,00023	7,62%	7,63%	20%	^Ruu11	11
0,19961	0,19988	0,00027	0,00027	0,00136	0,016	0,00027	8,28%	8,29%	20%	^Rraz,nr	0,19884	0,00023	-0,00077	-0,00385	0,050	0,00023	7,68%	7,69%	20%	^Rus11	11
0,19961	0,19927	0,00016	-0,00034	-0,00170	0,027	0,00016	6,35%	6,35%	20%	^Rreg,nr	0,19875	0,00020	-0,00086	-0,00428	0,061	0,00020	7,09%	7,11%	20%	^Rsu11	11
0,19961	0,19917	0,00018	-0,00043	-0,00217	0,033	0,00018	6,68%	6,68%	20%	^Rcal,nr	0,19863	0,00021	-0,00097	-0,00487	0,068	0,00021	7,22%	7,24%	20%	^Rss11	11
											0,19979	0,00027	0,00018	0,00091	0,011	0,00027	8,26%	8,26%	20%	^Ruuxx	11
											0,19995	0,00026	0,00035	0,00173	0,021	0,00026	8,10%	8,10%	20%	^Rusxx	11
											0,20021	0,00022	0,00061	0,00304	0,041	0,00022	7,47%	7,47%	20%	^Rsuxx	11
											0,19936	0,00021	-0,00024	-0,00122	0,017	0,00021	7,21%	7,21%	20%	^Rssxx	11
0,20079	0,20081	0,00020	0,00002	0,00008	0,001	0,00020	7,00%	7,00%	20%	^Rnr	0,19799	0,00017	-0,00280	-0,01393	0,213	0,00018	6,62%	6,77%	20%	^Ruu11	12
0,20079	0,20062	0,00021	-0,00017	-0,00084	0,012	0,00021	7,25%	7,25%	20%	^Rraz,nr	0,19842	0,00021	-0,00237	-0,01182	0,162	0,00022	7,39%	7,48%	20%	^Rus11	12
0,20079	0,20048	0,00014	-0,00031	-0,00152	0,026	0,00014	5,85%	5,85%	20%	^Rreg,nr	0,19775	0,00015	-0,00304	-0,01512	0,249	0,00016	6,16%	6,35%	20%	^Rsu11	12
0,20079	0,20075	0,00015	-0,00004	-0,00019	0,003	0,00015	6,06%	6,06%	20%	^Rcal,nr	0,19822	0,00020	-0,00257	-0,01280	0,183	0,00020	7,10%	7,21%	20%	^Rss11	12
											0,20075	0,00022	-0,00004	-0,00020	0,003	0,00022	7,35%	7,35%	20%	^Ruuxx	12
											0,20108	0,00024	0,00029	0,00146	0,019	0,00024	7,72%	7,73%	20%	^Rusxx	12
											0,20056	0,00017	-0,00023	-0,00117	0,018	0,00017	6,41%	6,41%	20%	^Rsuxx	12
											0,20065	0,00020	-0,00014	-0,00070	0,010	0,00020	7,07%	7,07%	20%	^Rssxx	12
0,20143	0,20207	0,00021	0,00065	0,00321	0,044	0,00021	7,20%	7,21%	21%	^Rnr	0,20440	0,00024	0,00298	0,01479	0,192	0,00025	7,59%	7,73%	21%	^Ruu11	13
0,20143	0,20124	0,00028	-0,00019	-0,00094	0,011	0,00028	8,34%	8,34%	21%	^Rraz,nr	0,20463	0,00022	0,00321	0,01592	0,217	0,00023	7,21%	7,38%	21%	^Rus11	13
0,20143	0,20212	0,00018	0,00069	0,00343	0,051	0,00018	6,65%	6,66%	21%	^Rreg,nr	0,20431	0,00025	0,00289	0,01433	0,181	0,00026	7,79%	7,92%	21%	^Rsu11	13
0,20143	0,20193	0,00018	0,00050	0,00249	0,037	0,00018	6,69%	6,70%	21%	^Rcal,nr	0,20443	0,00022	0,00301	0,01492	0,203	0,00023	7,25%	7,40%	21%	^Rss11	13
											0,20188	0,00028	0,00045	0,00223	0,027	0,00028	8,22%	8,22%	21%	^Ruuxx	13
											0,20202	0,00023	0,00059	0,00294	0,039	0,00023	7,56%	7,56%	21%	^Rusxx	13
											0,20213	0,00028	0,00070	0,00347	0,042	0,00028	8,24%	8,25%	21%	^Rsuxx	13
											0,20191	0,00022	0,00049	0,00242	0,033	0,00022	7,33%	7,34%	21%	^Rssxx	13
0,20133	0,20177	0,00021	0,00044	0,00218	0,031	0,00021	7,13%	7,14%	20%	^Rnr	0,20336	0,00019	0,00203	0,01008	0,146	0,00020	6,84%	6,91%	20%	^Ruu11	14
0,20133	0,20309	0,00022	0,00176	0,00875	0,118	0,00023	7,34%	7,39%	20%	^Rraz,nr	0,20355	0,00020	0,00223	0,01106	0,157	0,00021	6,95%	7,04%	20%	^Rus11	14
0,20133	0,20213	0,00016	0,00080	0,00397	0,063	0,00016	6,27%	6,28%	20%	^Rreg,nr	0,20357	0,00020	0,00224	0,01115	0,158	0,00021	6,98%	7,07%	20%	^Rsu11	14
0,20133	0,20210	0,00016	0,00077	0,00383	0,061	0,00016	6,28%	6,29%	20%	^Rcal,nr	0,20345	0,00021	0,00212	0,01052	0,145	0,00022	7,17%	7,25%	20%	^Rss11	14
											0,20264	0,00023	0,00131	0,00651	0,087	0,00023	7,41%	7,44%	20%	^Ruuxx	14
											0,20286	0,00021	0,00153	0,00759	0,104	0,00022	7,22%	7,26%	20%	^Rusxx	14
											0,20263	0,00022	0,00130	0,00646	0,088	0,00022	7,30%	7,32%	20%	^Rsuxx	14
											0,20348	0,00022	0,00216	0,01071	0,147	0,00022	7,21%	7,29%	20%	^Rssxx	14
0,20252	0,20260	0,00021	0,00008	0,00040	0,006	0,00021	7,17%	7,17%	20%	^Rnr	0,20211	0,00015	-0,00041	-0,00204	0,034	0,00015	6,04%	6,04%	20%	^Ruu11	15
0,20252	0,20309	0,00016	0,00057	0,00283	0,045	0,00016	6,30%	6,30%	20%	^Rraz,nr	0,20212	0,00019	-0,00040	-0,00198	0,029	0,00019	6,74%	6,74%	20%	^Rus11	15
0,20252	0,20281	0,00012	0,00029	0,00141	0,026	0,00012	5,47%	5,47%	20%	^Rreg,nr	0,20149	0,00015	-0,00104	-0,00511	0,085	0,00015	6,05%	6,07%	20%	^Rsu11	15
0,20252	0,20263	0,00012	0,00011	0,00056	0,010	0,00012	5,51%	5,51%	20%	^Rcal,nr	0,20220	0,00020	-0,00032	-0,00159	0,023	0,00020	6,98%	6,98%	20%	^Rss11	15
											0,20289	0,00017	0,00037	0,00183	0,028	0,00017	6,42%	6,43%	20%	^Ruuxx	15
											0,20342	0,00020	0,00090	0,00444	0,063	0,00020	7,00%	7,01%	20%	^Rusxx	15
											0,20276	0,00016	0,00024	0,00118	0,019	0,00016	6,32%	6,32%	20%	^Rsuxx	15
											0,20308	0,00020	0,00056	0,00276	0,040	0,00020	6,93%	6,93%	20%	^Rssxx	15
0,19991	0,19987	0,00021	-0,00004	-0,00018	0,003	0,00021	7,18%	7,18%	20%	^Rnr	0,20354	0,00019	0,00363	0,01817	0,263	0,00020	6,79%	7,02%	20%	^Ruu11	16
0,19991	0,19906	0,00022	-0,00085	-0,00425	0,057	0,00022	7,48%	7,49%	21%	^Rraz,nr	0,20368	0,00017	0,00377	0,01887	0,289	0,00019	6,42%	6,68%	20%	^Rus11	16
0,19991	0,19947	0,00013	-0,00044	-0,00220	0,038	0,00013	5,81%	5,82%	20%	^Rreg,nr	0,20359	0,00024	0,00369	0,01843	0,237	0,00025	7,63%	7,84%	20%	^Rsu11	16
0,19991	0,19949	0,00015	-0,00042	-0,00208	0,034	0,00015	6,16%	6,16%	20%	^Rcal,nr	0,20313	0,00020	0,00322	0,01613	0,226	0,00021	7,01%	7,19%	20%	^Rss11	16
											0,19894	0,00022	-0,00097	-0,00483	0,065	0,00022	7,50%	7,51%	20%	^Ruuxx	16
											0,19921	0,00016	-0,00070	-0,00349	0,055	0,00016	6,43%	6,44%	21%	^Rusxx	16
											0,19883	0,00026	-0,00108	-0,00538	0,067	0,00026	8,12%	8,14%	20%	^Rsuxx	16
											0,19903	0,00020	-0,00088	-0,00440	0,062	0,00021	7,19%	7,20%	20%	^Rssxx	16
0,19981	0,20121	0,00021	0,00140	0,00702	0,097	0,00021	7,15%	7,18%	20%	^Rnr	0,20207	0,00015	0,00226	0,01131	0,185	0,00015	6,05%	6,15%	20%	^Ruu11	17
0,19981	0,19924	0,00017	-0,00057	-0,00285	0,044	0,00017	6,48%	6,49%	20%	^Rraz,nr	0,20225	0,00015	0,00243	0,01218	0,197	0,00016	6,12%	6,24%	20%	^Rus11	17
0,19981	0,20011	0,00012	0,00030	0,00149	0,027	0,00012	5,48%	5,49%	20%	^Rreg,nr	0,20204	0,00019	0,00223	0,01114	0,159	0,00020	6,91%	6,99%	20%	^Rsu11	17
0,19981	0,19984	0,00013	0,00003	0,00015	0,003	0,00013	5,64%	5,64%	20%	^Rcal,nr	0,20209	0,00019	0,00227	0,01138	0,165	0,00020	6,83%	6,93%	20%	^Rss11	17
											0,19899	0,00017	-0,00082	-0,00412	0,064	0,00017	6,46%	6,48%	20%	^Ruuxx	17
											0,19934	0,00016	-0,00047	-0,00234	0,037	0,00016	6,31%	6,31%	20%	^Rusxx	17
											0,19908	0,00021	-0,00073	-0,00366	0,051	0,00021	7,21%	7,21%	20%	^Rsuxx	17
											0,19910	0,00020	-0,00071	-0,00355	0,051	0,00020	7,03%	7,04%	20%	^Rssxx	17
0,20100	0,20121	0,00020	0,00021	0,00106	0,015	0,00020	7,05%	7,05%	20%	^Rnr	0,20197	0,00010	0,00097	0,00484	0,098	0,00010	4,94%	4,96%	20%	^Ruu11	18
0,20100	0,20116	0,00011	0,00016	0,00081	0,015	0,00011	5,30%	5,30%	20%	^Rraz,nr	0,20234	0,00014	0,00135	0,00671	0,113	0,00014	5,87%	5,91%	20%	^Rus11	18
0,20100	0,20082	0,00009	-0,00017	-0,00086	0,019	0,00009	4,60%	4,61%	20%	^Rreg,nr	0,20177	0,00014	0,00078	0,00387	0,065	0,00014	5,93%	5,94%	20%	^Rsu11	18
0,20100	0,20085	0,00009	-0,00015	-0,00074	0,016	0,00009	4,70%	4,70%	20%	^Rcal,nr	0,20187	0,00018	0,00087	0,00433	0,065	0,00018	6,67%	6,69%	20%	^Rss11	18
											0,20135	0,00011	0,00035	0,00174	0,033	0,00011	5,32%	5,32%	20%	^Ruuxx	18
											0,20156	0,00015	0,00056	0,00280	0,046	0,00015	6,04%	6,04%	20%	^Rusxx	18
											0,20098	0,00014	-0,00001	-0,00007	0,001	0,00014	5,96%	5,96%	20%	^Rsuxx	18
											0,20145	0,00018	0,00046	0,00226	0,034	0,00018	6,58%	6,58%	20%	^Rssxx	18
0,19971	0,20177	0,00024	0,00206	0,01033	0,133	0,00024	7,69%	7,76%	30%	^Rnr	0,20285	0,00031	0,00314	0,01573	0,178	0,00032	8,70%	8,83%	29%	^Ruu11	19
0,19971	0,20183	0,00036	0,00212	0,01061	0,111	0,00037	9,44%	9,50%	30%	^Rraz,nr	0,20253	0,00029	0,00283	0,01416	0,165	0,00030	8,46%	8,58%	30%	^Rus11	19
0,19971	0,20073	0,00022	0,00102	0,00511	0,069	0,00022	7,36%	7,37%	30%	^Rreg,nr	0,20313	0,00029	0,00343	0,01717	0,200	0,00030	8,43%	8,59%	29%	^Rsu11	19
0,19971	0,20136	0,00022	0,00166	0,00830	0,111	0,00023	7,44%	7,49%	30%	^Rcal,nr	0,20289	0,00027	0,00318	0,01592	0,192	0,00028	8,15%	8,30%	29%	^Rss11	19
											0,20182	0,00037	0,00211	0,01057	0,110	0,00037	9,53%	9,59%	30%	^Ruuxx	19
											0,20191	0,00032	0,00220	0,01102	0,124	0,00032	8,83%	8,89%	30%	^Rusxx	19
											0,20138	0,00033	0,00167	0,00837	0,093	0,00033	8,97%	9,01%	29%	^Rsuxx	19
											0,20157	0,00028	0,00186	0,00933	0,111	0,00029	8,35%	8,40%	29%	^Rssxx	19
0,19961	0,20112	0,00024	0,00151	0,00759	0,099	0,00024	7,64%	7,68%	30%	^Rnr	0,19872	0,00026	-0,00089	-0,00446	0,055	0,00026	8,08%	8,10%	30%	^Ruu11	20
0,19961	0,20068	0,00032	0,00108	0,00539	0,060	0,00032	8,88%	8,90%	30%	^Rraz,nr	0,19904	0,00027	-0,00057	-0,00284	0,034	0,00027	8,29%	8,29%	30%	^Rus11	20
0,19961	0,20048	0,00019	0,00087	0,00435	0,063	0,00019	6,90%	6,91%	30%	^Rreg,nr	0,19837	0,00024	-0,00124	-0,00621	0,081	0,00024	7,73%	7,76%	30%	^Rsu11	20
0,19961	0,20065	0,00020	0,00104	0,00522	0,074	0,00020	7,04%	7,06%	30%	^Rcal,nr	0,19881	0,00025	-0,00080	-0,00400	0,051	0,00025	7,88%	7,89%	30%	^Rss11	20
											0,20063	0,00031	0,00102	0,00512	0,058	0,00031	8,76%	8,78%	30%	^Ruuxx	20
											0,20080	0,00030	0,00119	0,00598	0,069	0,00030	8,63%	8,65%	30%	^Rusxx	20
											0,20002	0,00027	0,00041	0,00206	0,025	0,00027	8,23%	8,23%	30%	^Rsuxx	20
											0,20038	0,00026	0,00077	0,00388	0,048	0,00026	8,07%	8,08%	30%	^Rssxx	20

Dist. normal, no respuesta, n =100, F =5000, esc 21-27

	Muestra NR estimador RC										Muestra NR estimador NR									
R	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esc
0,20079	0,20152	0,00022	0,00073	0,00365	0,049	0,00022	7,42%	7,42%	29%	^Rnr	0,19756	0,00019	-0,00323	-0,01609	0,236	0,00020	6,94%	7,13%	29%	^Ruu11	21
0,20079	0,20059	0,00025	-0,00020	-0,00101	0,013	0,00025	7,88%	7,88%	29%	^Rraz,nr	0,19733	0,00024	-0,00346	-0,01725	0,221	0,00026	7,92%	8,11%	29%	^Rus11	21
0,20079	0,20102	0,00016	0,00023	0,00116	0,019	0,00016	6,26%	6,26%	29%	^Rreg,nr	0,19691	0,00017	-0,00388	-0,01930	0,296	0,00019	6,65%	6,93%	29%	^Rsu11	21
0,20079	0,20093	0,00017	0,00014	0,00070	0,011	0,00017	6,46%	6,46%	29%	^Rcal,nr	0,19703	0,00022	-0,00376	-0,01871	0,254	0,00023	7,52%	7,76%	29%	^Rss11	21
											0,20082	0,00024	0,00003	0,00014	0,002	0,00024	7,78%	7,78%	29%	^Ruuxx	21
											0,20113	0,00028	0,00034	0,00171	0,021	0,00028	8,28%	8,29%	29%	^Rusxx	21
											0,20054	0,00020	-0,00025	-0,00123	0,018	0,00020	7,00%	7,00%	29%	^Rsuxx	21
											0,20076	0,00023	-0,00003	-0,00013	0,002	0,00023	7,61%	7,61%	29%	^Rssxx	21
0,20143	0,20089	0,00023	-0,00053	-0,00266	0,035	0,00023	7,55%	7,56%	30%	^Rnr	0,20704	0,00028	0,00562	0,02789	0,337	0,00031	8,05%	8,49%	30%	^Ruu11	22
0,20143	0,20368	0,00032	0,00226	0,01121	0,126	0,00033	8,83%	8,90%	30%	^Rraz,nr	0,20696	0,00025	0,00553	0,02745	0,352	0,00028	7,59%	8,05%	30%	^Rus11	22
0,20143	0,20219	0,00020	0,00076	0,00377	0,054	0,00020	6,99%	7,00%	30%	^Rreg,nr	0,20700	0,00029	0,00557	0,02767	0,330	0,00032	8,17%	8,60%	30%	^Rsu11	22
0,20143	0,20215	0,00020	0,00073	0,00361	0,051	0,00020	7,04%	7,05%	30%	^Rcal,nr	0,20729	0,00027	0,00587	0,02912	0,354	0,00031	7,99%	8,47%	30%	^Rss11	22
											0,20340	0,00032	0,00197	0,00979	0,110	0,00033	8,84%	8,89%	30%	^Ruuxx	22
											0,20361	0,00028	0,00218	0,01083	0,131	0,00028	8,16%	8,23%	30%	^Rusxx	22
											0,20346	0,00032	0,00203	0,01009	0,114	0,00032	8,73%	8,78%	30%	^Rsuxx	22
											0,20329	0,00027	0,00186	0,00925	0,114	0,00027	8,02%	8,07%	30%	^Rssxx	22
0,20133	0,20232	0,00024	0,00099	0,00494	0,064	0,00024	7,64%	7,66%	30%	^Rnr	0,20255	0,00021	0,00122	0,00606	0,084	0,00021	7,15%	7,17%	30%	^Ruu11	23
0,20133	0,20142	0,00025	0,00010	0,00048	0,006	0,00025	7,92%	7,92%	30%	^Rraz,nr	0,20336	0,00023	0,00204	0,01011	0,135	0,00023	7,44%	7,51%	30%	^Rus11	23
0,20133	0,20219	0,00019	0,00086	0,00427	0,063	0,00019	6,76%	6,78%	30%	^Rreg,nr	0,20286	0,00023	0,00153	0,00761	0,101	0,00023	7,48%	7,52%	30%	^Rsu11	23
0,20133	0,20184	0,00018	0,00051	0,00252	0,038	0,00018	6,66%	6,67%	30%	^Rcal,nr	0,20290	0,00024	0,00157	0,00779	0,102	0,00024	7,58%	7,61%	30%	^Rss11	23
											0,20116	0,00025	-0,00017	-0,00082	0,010	0,00025	7,87%	7,87%	30%	^Ruuxx	23
											0,20219	0,00025	0,00086	0,00428	0,055	0,00025	7,80%	7,81%	30%	^Rusxx	23
											0,20118	0,00024	-0,00015	-0,00073	0,009	0,00024	7,73%	7,73%	30%	^Rsuxx	23
											0,20156	0,00025	0,00023	0,00116	0,015	0,00025	7,82%	7,82%	30%	^Rssxx	23
0,20252	0,20460	0,00024	0,00208	0,01027	0,134	0,00025	7,59%	7,66%	30%	^Rnr	0,20248	0,00016	-0,00004	-0,00018	0,003	0,00016	6,30%	6,30%	30%	^Ruu11	24
0,20252	0,20443	0,00020	0,00191	0,00942	0,136	0,00020	6,85%	6,91%	30%	^Rraz,nr	0,20276	0,00021	0,00024	0,00117	0,016	0,00021	7,14%	7,14%	31%	^Rus11	24
0,20252	0,20406	0,00014	0,00154	0,00759	0,130	0,00014	5,80%	5,85%	30%	^Rreg,nr	0,20237	0,00017	-0,00016	-0,00077	0,012	0,00017	6,43%	6,43%	31%	^Rsu11	24
0,20252	0,20347	0,00014	0,00095	0,00468	0,079	0,00014	5,89%	5,91%	31%	^Rcal,nr	0,20295	0,00023	0,00043	0,00214	0,029	0,00023	7,45%	7,45%	30%	^Rss11	24
											0,20415	0,00020	0,00163	0,00804	0,115	0,00020	6,92%	6,97%	30%	^Ruuxx	24
											0,20475	0,00023	0,00223	0,01099	0,145	0,00024	7,48%	7,56%	30%	^Rusxx	24
											0,20406	0,00019	0,00154	0,00758	0,112	0,00019	6,72%	6,76%	31%	^Rsuxx	24
											0,20427	0,00023	0,00175	0,00862	0,116	0,00023	7,34%	7,39%	30%	^Rssxx	24
0,19991	0,19982	0,00024	-0,00009	-0,00044	0,006	0,00024	7,78%	7,78%	32%	^Rnr	0,20757	0,00024	0,00766	0,03833	0,495	0,00030	7,46%	8,32%	32%	^Ruu11	25
0,19991	0,20092	0,00027	0,00101	0,00505	0,062	0,00027	8,14%	8,16%	32%	^Rraz,nr	0,20776	0,00021	0,00785	0,03928	0,541	0,00027	6,98%	7,94%	32%	^Rus11	25
0,19991	0,20054	0,00016	0,00063	0,00316	0,050	0,00016	6,33%	6,34%	32%	^Rreg,nr	0,20788	0,00029	0,00797	0,03985	0,464	0,00036	8,25%	9,10%	32%	^Rsu11	25
0,19991	0,20016	0,00018	0,00025	0,00126	0,019	0,00018	6,77%	6,77%	32%	^Rcal,nr	0,20755	0,00026	0,00765	0,03825	0,470	0,00032	7,84%	8,66%	31%	^Rss11	25
											0,20106	0,00027	0,00116	0,00578	0,070	0,00027	8,16%	8,18%	32%	^Ruuxx	25
											0,20129	0,00022	0,00138	0,00692	0,094	0,00022	7,29%	7,32%	32%	^Rusxx	25
											0,20096	0,00031	0,00105	0,00527	0,060	0,00031	8,70%	8,71%	32%	^Rsuxx	25
											0,20134	0,00025	0,00143	0,00714	0,091	0,00025	7,80%	7,83%	32%	^Rssxx	25
0,19981	0,20082	0,00024	0,00101	0,00507	0,065	0,00024	7,73%	7,74%	31%	^Rnr	0,20303	0,00017	0,00322	0,01611	0,249	0,00018	6,37%	6,56%	31%	^Ruu11	26
0,19981	0,19927	0,00019	-0,00054	-0,00272	0,039	0,00019	6,99%	6,99%	31%	^Rraz,nr	0,20355	0,00018	0,00374	0,01872	0,282	0,00019	6,51%	6,76%	31%	^Rus11	26
0,19981	0,19998	0,00014	0,00017	0,00084	0,014	0,00014	6,00%	6,00%	31%	^Rreg,nr	0,20345	0,00022	0,00364	0,01823	0,247	0,00023	7,25%	7,47%	31%	^Rsu11	26
0,19981	0,19987	0,00014	0,00006	0,00029	0,005	0,00014	6,01%	6,01%	31%	^Rcal,nr	0,20318	0,00023	0,00337	0,01686	0,223	0,00024	7,43%	7,61%	30%	^Rss11	26
											0,19942	0,00019	-0,00039	-0,00193	0,028	0,00019	6,88%	6,88%	31%	^Ruuxx	26
											0,19949	0,00018	-0,00032	-0,00161	0,024	0,00018	6,79%	6,79%	31%	^Rusxx	26
											0,19891	0,00022	-0,00091	-0,00453	0,061	0,00022	7,49%	7,50%	30%	^Rsuxx	26
											0,19921	0,00021	-0,00060	-0,00299	0,041	0,00021	7,34%	7,34%	31%	^Rssxx	26
0,20100	0,20177	0,00023	0,00077	0,00383	0,051	0,00023	7,50%	7,51%	30%	^Rnr	0,20244	0,00011	0,00145	0,00720	0,137	0,00011	5,22%	5,27%	30%	^Ruu11	27
0,20100	0,20113	0,00013	0,00013	0,00067	0,012	0,00013	5,74%	5,74%	30%	^Rraz,nr	0,20258	0,00015	0,00159	0,00790	0,128	0,00016	6,10%	6,15%	30%	^Rus11	27
0,20100	0,20117	0,00010	0,00017	0,00087	0,018	0,00010	4,92%	4,92%	30%	^Rreg,nr	0,20231	0,00015	0,00131	0,00654	0,107	0,00015	6,09%	6,12%	30%	^Rsu11	27
0,20100	0,20115	0,00010	0,00015	0,00075	0,015	0,00010	5,05%	5,05%	30%	^Rcal,nr	0,20238	0,00020	0,00139	0,00690	0,097	0,00021	7,06%	7,09%	30%	^Rss11	27
											0,20111	0,00013	0,00012	0,00058	0,010	0,00013	5,65%	5,65%	30%	^Ruuxx	27
											0,20151	0,00016	0,00051	0,00255	0,040	0,00016	6,30%	6,30%	30%	^Rusxx	27
											0,20137	0,00017	0,00038	0,00188	0,029	0,00017	6,41%	6,42%	30%	^Rsuxx	27
											0,20150	0,00020	0,00050	0,00251	0,036	0,00020	6,95%	6,96%	30%	^Rssxx	27

6.2.2. Distribución weibull

Dist. weibull, no respuesta, n =100, F =5000, esc 1-10																					
	Muestra NR estimador RC										Muestra NR estimador NR										
R	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esc
1,04141	1,13071	0,19351	0,08929	0,08574	0,203	0,20148	38,90%	39,70%	10%	^Rnr	1,11105	0,18206	0,06964	0,06687	0,163	0,18691	38,40%	38,91%	10%	^Ruu11	1
1,04141	1,15029	0,31714	0,10888	0,10455	0,193	0,32900	48,96%	49,86%	10%	^Rraz,nr	1,12729	0,19420	0,08588	0,08246	0,195	0,20158	39,09%	39,83%	10%	^Rus11	1
1,04141	1,11379	0,17371	0,07238	0,06950	0,174	0,17895	37,42%	37,98%	10%	^Rreg,nr	1,10690	0,19027	0,06549	0,06288	0,150	0,19456	39,41%	39,85%	10%	^Rsu11	1
1,04141	1,11470	0,17518	0,07329	0,07037	0,175	0,18055	37,55%	38,12%	10%	^Rcal,nr	1,11670	0,19543	0,07529	0,07230	0,170	0,20110	39,59%	40,16%	10%	^Rss11	1
											1,15232	0,31770	0,11091	0,10650	0,197	0,33000	48,91%	49,85%	10%	^Ruuxx	1
											1,16898	0,25897	0,12757	0,12250	0,251	0,27525	43,53%	44,88%	10%	^Rusxx	1
											1,07828	0,21665	0,03687	0,03540	0,079	0,21801	43,17%	43,30%	10%	^Rsuxx	1
											1,09333	0,17396	0,05192	0,04985	0,124	0,17665	38,15%	38,44%	10%	^Rssxx	1
0,99728	1,10033	0,18857	0,10306	0,10334	0,237	0,19919	39,46%	40,56%	10%	^Rnr	1,01410	0,04608	0,01682	0,01687	0,078	0,04637	21,17%	21,23%	10%	^Ruu11	2
0,99728	1,12010	0,24646	0,12282	0,12316	0,247	0,26154	44,32%	45,66%	10%	^Rraz,nr	1,02036	0,05551	0,02308	0,02315	0,098	0,05604	23,09%	23,20%	10%	^Rus11	2
0,99728	1,08350	0,16269	0,08622	0,08646	0,214	0,17013	37,23%	38,07%	10%	^Rreg,nr	1,01045	0,04712	0,01317	0,01320	0,061	0,04729	21,48%	21,52%	10%	^Rsu11	2
0,99728	1,10311	0,15765	0,10583	0,10612	0,267	0,16885	35,99%	37,25%	10%	^Rcal,nr	1,01774	0,05519	0,02046	0,02052	0,087	0,05561	23,08%	23,17%	10%	^Rss11	2
											1,04679	0,06687	0,04952	0,04965	0,191	0,06932	24,70%	25,15%	10%	^Ruuxx	2
											1,05414	0,06681	0,05686	0,05702	0,220	0,07005	24,52%	25,11%	10%	^Rusxx	2
											1,03041	0,05169	0,03313	0,03322	0,146	0,05279	22,06%	22,30%	10%	^Rsuxx	2
											1,03843	0,05355	0,04115	0,04126	0,178	0,05524	22,28%	22,63%	10%	^Rssxx	2
1,00468	1,06905	0,17023	0,06437	0,06407	0,156	0,17438	38,59%	39,06%	11%	^Rnr	0,96601	0,03358	-0,03867	-0,03849	0,211	0,03507	18,97%	19,39%	11%	^Ruu11	3
1,00468	1,08021	0,17787	0,07553	0,07518	0,179	0,18357	39,04%	39,66%	11%	^Rraz,nr	0,98323	0,04529	-0,02145	-0,02135	0,101	0,04575	21,64%	21,75%	11%	^Rus11	3
1,00468	1,03478	0,11163	0,03009	0,02995	0,090	0,11253	32,29%	32,42%	11%	^Rreg,nr	0,96335	0,03534	-0,04133	-0,04114	0,220	0,03704	19,51%	19,98%	11%	^Rsu11	3
1,00468	1,08795	0,14003	0,08327	0,08288	0,223	0,14696	34,40%	35,24%	11%	^Rcal,nr	0,97908	0,04757	-0,02561	-0,02549	0,117	0,04822	22,28%	22,43%	11%	^Rss11	3
											1,02802	0,05176	0,02334	0,02323	0,103	0,05231	22,13%	22,25%	11%	^Ruuxx	3
											1,04219	0,06280	0,03751	0,03734	0,150	0,06421	24,05%	24,31%	11%	^Rusxx	3
											1,01512	0,03970	0,01044	0,01039	0,052	0,03981	19,63%	19,65%	11%	^Rsuxx	3
											1,02066	0,05084	0,01598	0,01590	0,071	0,05109	22,09%	22,15%	11%	^Rssxx	3
1,06166	1,12136	0,17025	0,05969	0,05622	0,145	0,17382	36,80%	37,18%	10%	^Rnr	1,10272	0,05029	0,04106	0,03867	0,183	0,05198	20,34%	20,67%	10%	^Ruu11	4
1,06166	1,15021	0,25013	0,08855	0,08341	0,177	0,25797	43,48%	44,16%	10%	^Rraz,nr	1,11074	0,05348	0,04907	0,04622	0,212	0,05589	20,82%	21,28%	10%	^Rus11	4
1,06166	1,12971	0,16347	0,06804	0,06409	0,168	0,16810	35,79%	36,29%	10%	^Rreg,nr	1,09852	0,05651	0,03685	0,03471	0,155	0,05786	21,64%	21,90%	10%	^Rsu11	4
1,06166	1,10585	0,15134	0,04418	0,04162	0,114	0,15330	35,18%	35,41%	10%	^Rcal,nr	1,10728	0,06071	0,04562	0,04297	0,185	0,06279	22,25%	22,63%	10%	^Rss11	4
											1,08973	0,06916	0,02807	0,02644	0,107	0,06995	24,13%	24,27%	10%	^Ruuxx	4
											1,09852	0,05887	0,03686	0,03472	0,152	0,06023	22,09%	22,34%	10%	^Rusxx	4
											1,07917	0,06793	0,01750	0,01649	0,067	0,06823	24,15%	24,21%	10%	^Rsuxx	4
											1,08526	0,05532	0,02359	0,02222	0,100	0,05588	21,67%	21,78%	10%	^Rssxx	4
1,01667	1,10801	0,19388	0,09133	0,08984	0,207	0,20222	39,74%	40,59%	10%	^Rnr	1,06113	0,04541	0,04446	0,04373	0,209	0,04739	20,08%	20,52%	10%	^Ruu11	5
1,01667	1,11277	0,19649	0,09610	0,09452	0,217	0,20573	39,84%	40,76%	10%	^Rraz,nr	1,06597	0,05277	0,04929	0,04849	0,215	0,05520	21,55%	22,04%	10%	^Rus11	5
1,01667	1,10556	0,14863	0,08889	0,08743	0,231	0,15654	34,87%	35,79%	10%	^Rreg,nr	1,05415	0,04905	0,03748	0,03687	0,169	0,05046	21,01%	21,31%	10%	^Rsu11	5
1,01667	1,10529	0,14941	0,08862	0,08717	0,229	0,15727	34,97%	35,88%	10%	^Rcal,nr	1,06805	0,05976	0,05138	0,05054	0,210	0,06240	22,89%	23,39%	10%	^Rss11	5
											1,06594	0,05478	0,04927	0,04846	0,210	0,05721	21,96%	22,44%	10%	^Ruuxx	5
											1,08091	0,05752	0,06424	0,06319	0,268	0,06165	22,19%	22,97%	10%	^Rusxx	5
											1,05173	0,05107	0,03506	0,03448	0,155	0,05230	21,49%	21,74%	10%	^Rsuxx	5
											1,07082	0,05367	0,05415	0,05326	0,234	0,05660	21,63%	22,22%	10%	^Rssxx	5
1,02422	1,07074	0,16244	0,04652	0,04542	0,115	0,16461	37,64%	37,89%	10%	^Rnr	1,00153	0,02844	-0,02268	-0,02215	0,135	0,02896	16,84%	16,99%	10%	^Ruu11	6
1,02422	1,06721	0,12005	0,04299	0,04198	0,124	0,12189	32,47%	32,71%	10%	^Rraz,nr	1,01172	0,04129	-0,01249	-0,01220	0,061	0,04144	20,08%	20,12%	10%	^Rus11	6
1,02422	1,04830	0,09897	0,02408	0,02351	0,077	0,09955	30,01%	30,10%	10%	^Rreg,nr	0,99388	0,03237	-0,03034	-0,02962	0,169	0,03329	18,10%	18,36%	10%	^Rsu11	6
1,02422	1,06952	0,09817	0,04530	0,04423	0,145	0,10022	29,29%	29,60%	10%	^Rcal,nr	1,01166	0,04708	-0,01255	-0,01226	0,058	0,04724	21,45%	21,48%	10%	^Rss11	6
											1,02174	0,03571	-0,00247	-0,00242	0,013	0,03572	18,50%	18,50%	10%	^Ruuxx	6
											1,03526	0,04918	0,01105	0,01079	0,050	0,04930	21,42%	21,45%	10%	^Rusxx	6
											1,01509	0,03450	-0,00913	-0,00891	0,049	0,03458	18,30%	18,32%	10%	^Rsuxx	6
											1,03277	0,04756	0,00855	0,00835	0,039	0,04764	21,12%	21,13%	10%	^Rssxx	6
1,01877	1,11923	0,17302	0,10046	0,09861	0,242	0,18311	37,16%	38,23%	10%	^Rnr	1,11512	0,04102	0,09635	0,09458	0,476	0,05030	18,16%	20,11%	10%	^Ruu11	7
1,01877	1,12221	0,17778	0,10344	0,10154	0,245	0,18848	37,57%	38,69%	10%	^Rraz,nr	1,12016	0,04175	0,10139	0,09952	0,496	0,05203	18,24%	20,36%	10%	^Rus11	7
1,01877	1,11388	0,13143	0,09511	0,09336	0,262	0,14048	32,55%	33,65%	10%	^Rreg,nr	1,12462	0,06096	0,10585	0,10390	0,429	0,07217	21,95%	23,89%	10%	^Rsu11	7
1,01877	1,06809	0,12284	0,04933	0,04842	0,141	0,12528	32,81%	33,14%	10%	^Rcal,nr	1,12217	0,05880	0,10340	0,10149	0,426	0,06949	21,61%	23,49%	10%	^Rss11	7
											1,06227	0,05174	0,04350	0,04270	0,191	0,05363	21,41%	21,80%	10%	^Ruuxx	7
											1,06962	0,03978	0,05085	0,04991	0,255	0,04237	18,65%	19,24%	10%	^Rusxx	7
											1,05907	0,06367	0,04030	0,03956	0,160	0,06530	23,83%	24,13%	10%	^Rsuxx	7
											1,06394	0,05474	0,04518	0,04434	0,193	0,05679	21,99%	22,40%	10%	^Rssxx	7
0,97559	1,04748	0,17800	0,07189	0,07369	0,170	0,18317	40,28%	40,86%	10%	^Rnr	1,02514	0,03264	0,04955	0,05079	0,274	0,03510	17,62%	18,28%	10%	^Ruu11	8
0,97559	1,04391	0,11447	0,06831	0,07002	0,202	0,11913	32,41%	33,06%	10%	^Rraz,nr	1,03172	0,03829	0,05612	0,05753	0,287	0,04143	18,97%	19,73%	10%	^Rus11	8
0,97559	1,04715	0,10284	0,07156	0,07335	0,223	0,10796	30,62%	31,38%	10%	^Rreg,nr	1,02757	0,04570	0,05197	0,05327	0,243	0,04840	20,80%	21,41%	10%	^Rsu11	8
0,97559	1,00803	0,09174	0,03244	0,03325	0,107	0,09279	30,05%	30,22%	10%	^Rcal,nr	1,02884	0,05228	0,05324	0,05458	0,233	0,05511	22,22%	22,82%	10%	^Rss11	8
											1,00811	0,03351	0,03252	0,03333	0,178	0,03457	18,16%	18,44%	10%	^Ruuxx	8
											1,01834	0,03710	0,04275	0,04382	0,222	0,03893	18,92%	19,38%	10%	^Rusxx	8
											1,00156	0,04420	0,02597	0,02662	0,124	0,04487	20,99%	21,15%	10%	^Rsuxx	8
											1,01365	0,04596	0,03806	0,03901	0,178	0,04741	21,15%	21,48%	10%	^Rssxx	8
0,98283	1,05299	0,15831	0,07016	0,07138	0,176	0,16324	37,79%	38,37%	10%	^Rnr	0,99711	0,01926	0,01428	0,01453	0,103	0,01946	13,92%	13,99%	10%	^Ruu11	9
0,98283	1,01292	0,06598	0,03009	0,03061	0,117	0,06688	25,36%	25,53%	10%	^Rraz,nr	1,00292	0,03168	0,02009	0,02044	0,113	0,03209	17,75%	17,86%	10%	^Rus11	9
0,98283	1,01727	0,06793	0,03444	0,03504	0,132	0,06911	25,62%	25,84%	10%	^Rreg,nr	0,99306	0,03218	0,01022	0,01040	0,057	0,03229	18,06%	18,09%	10%	^Rsu11	9
0,98283	1,01362	0,06193	0,03078	0,03132	0,124	0,06288	24,55%	24,74%	10%	^Rcal,nr	1,00294	0,04443	0,02011	0,02046	0,095	0,04483	21,02%	21,11%	10%	^Rss11	9
											0,99835	0,02116	0,01552	0,01579	0,107	0,02140	14,57%	14,65%	10%	^Ruuxx	9
											1,00641	0,03104	0,02357	0,02399	0,134	0,03160	17,51%	17,66%	10%	^Rusxx	9
											0,98829	0,03054	0,00546	0,00555	0,031	0,03057	17,68%	17,69%	10%	^Rsuxx	9
											1,00157	0,04197	0,01873	0,01906	0,091	0,04232	20,45%	20,54%	10%	^Rssxx	9
1,04141	1,12133	0,21235	0,07992	0,07674	0,173	0,21874	41,10%	41,71%	19%	^Rnr	1,06839	0,06844	0,02698	0,02591	0,103	0,06917	24,49%	24,62%	19%	^Ruu11	10
1,04141	1,18476	0,37723	0,14335	0,13765	0,233	0,39778	51,84%	53,23%	19%	^Rraz,nr	1,06791	0,06839	0,02650	0,02544	0,101	0,06909	24,49%	24,61%	19%	^Rus11	10
1,04141	1,12072	0,20265	0,07930	0,07615	0,176	0,20894	40,17%	40,79%	19%	^Rreg,nr	1,05654	0,06125	0,01513	0,01452	0,061	0,06148	23,43%	23,47%	19%	^Rsu11	10
1,04141	1,11907	0,19304	0,07766	0,07457	0,177	0,19907	39,26%	39,87%	19%	^Rcal,nr	1,06775	0,06758	0,02634	0,02529	0,101	0,06827	24,35%	24,47%	19%	^Rss11	10
											1,07975	0,09876	0,03834	0,03681	0,122	0,10023	29,11%	29,32%	19%	^Ruuxx	10
											1,09227	0,08234	0,05086	0,04884	0,177	0,08493	26,27%	26,68%	19%	^Rusxx	10
											1,07274	0,07824	0,03132	0,03008	0,112	0,07922	26,08%	26,24%	19%	^Rsuxx	10
											1,07293	0,06777	0,03152	0,03027	0,121	0,06877	24,26%	24,44%	19%	^Rssxx	10

Dist. weibull, no respuesta, n=100, F=5000, esc 11-20

	Muestra NR estimador RC										Muestra NR estimador NR										
R	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esc
0,99728	1,11877	0,21308	0,12149	0,12182	0,263	0,22784	41,26%	42,67%	20%	^Rnr	1,01182	0,05887	0,01454	0,01458	0,060	0,05908	23,98%	24,02%	20%	^Ruu11	11
0,99728	1,14541	0,30033	0,14813	0,14853	0,270	0,32227	47,85%	49,56%	20%	^Rraz,nr	1,02322	0,06792	0,02594	0,02601	0,100	0,06859	25,47%	25,60%	20%	^Rus11	11
0,99728	1,11656	0,21173	0,11928	0,11960	0,259	0,22596	41,21%	42,57%	20%	^Rreg,nr	1,00858	0,05887	0,01130	0,01133	0,047	0,05900	24,06%	24,08%	20%	^Rsu11	11
0,99728	1,13078	0,19091	0,13351	0,13387	0,306	0,20874	38,64%	40,40%	20%	^Rcal,nr	1,01960	0,07164	0,02232	0,02238	0,083	0,07213	26,25%	26,34%	20%	^Rss11	11
											1,06137	0,07865	0,06409	0,06427	0,229	0,08275	26,42%	27,10%	20%	^Ruuxx	11
											1,06925	0,08036	0,07197	0,07217	0,254	0,08554	26,51%	27,35%	20%	^Rusxx	11
											1,05349	0,06205	0,05621	0,05636	0,226	0,06521	23,65%	24,24%	20%	^Rsuxx	11
											1,06027	0,06682	0,06299	0,06316	0,244	0,07079	24,38%	25,09%	20%	^Rssxx	11
1,00468	1,08364	0,20407	0,07896	0,07859	0,175	0,21031	41,69%	42,32%	20%	^Rnr	0,89468	0,03686	-0,11001	-0,10949	0,573	0,04896	21,46%	24,73%	20%	^Ruu11	12
1,00468	1,06047	0,20670	0,05579	0,05553	0,123	0,20981	42,87%	43,19%	20%	^Rraz,nr	0,90721	0,04914	-0,09747	-0,09702	0,440	0,05864	24,43%	26,69%	20%	^Rus11	12
1,00468	1,01514	0,11859	0,01046	0,01041	0,030	0,11870	33,92%	33,94%	20%	^Rreg,nr	0,89008	0,03647	-0,11460	-0,11407	0,600	0,04961	21,46%	25,02%	20%	^Rsu11	12
1,00468	1,08825	0,15980	0,08357	0,08318	0,209	0,16679	36,73%	37,53%	20%	^Rcal,nr	0,90294	0,04667	-0,10174	-0,10127	0,471	0,05702	23,93%	26,45%	20%	^Rss11	12
											1,00381	0,05574	-0,00087	-0,00087	0,004	0,05574	23,52%	23,52%	20%	^Ruuxx	12
											1,01352	0,06607	0,00884	0,00879	0,034	0,06615	25,36%	25,38%	20%	^Rusxx	12
											0,98419	0,04084	-0,02050	-0,02040	0,101	0,04126	20,53%	20,64%	20%	^Rsuxx	12
											0,99750	0,05393	-0,00718	-0,00715	0,031	0,05398	23,28%	23,29%	20%	^Rssxx	12
1,06166	1,15592	0,20815	0,09426	0,08878	0,207	0,21704	39,47%	40,30%	21%	^Rnr	1,14842	0,07079	0,08675	0,08172	0,326	0,07831	23,17%	24,37%	20%	^Ruu11	13
1,06166	1,16121	0,29499	0,09954	0,09376	0,183	0,30490	46,77%	47,55%	21%	^Rraz,nr	1,15314	0,07320	0,09147	0,08616	0,338	0,08157	23,46%	24,77%	21%	^Rus11	13
1,06166	1,16032	0,20407	0,09866	0,09293	0,218	0,21380	38,93%	39,85%	20%	^Rreg,nr	1,15120	0,07431	0,08954	0,08434	0,328	0,08233	23,68%	24,92%	21%	^Rsu11	13
1,06166	1,13370	0,18779	0,07204	0,06785	0,166	0,19298	38,22%	38,75%	20%	^Rcal,nr	1,15287	0,07818	0,09121	0,08591	0,326	0,08650	24,25%	25,51%	21%	^Rss11	13
											1,08621	0,08027	0,02454	0,02312	0,087	0,08087	26,08%	26,18%	21%	^Ruuxx	13
											1,09796	0,06857	0,03629	0,03419	0,139	0,06989	23,85%	24,08%	21%	^Rusxx	13
											1,07513	0,07506	0,01346	0,01268	0,049	0,07524	25,48%	25,51%	21%	^Rsuxx	13
											1,07879	0,06340	0,01712	0,01613	0,068	0,06370	23,34%	23,39%	20%	^Rssxx	13
1,01667	1,12424	0,23570	0,10757	0,10581	0,222	0,24727	43,18%	44,23%	21%	^Rnr	1,05234	0,05944	0,03567	0,03508	0,146	0,06071	23,17%	23,41%	21%	^Ruu11	14
1,01667	1,11400	0,23160	0,09733	0,09573	0,202	0,24107	43,20%	44,07%	21%	^Rraz,nr	1,06061	0,06807	0,04394	0,04322	0,168	0,07000	24,60%	24,95%	21%	^Rus11	14
1,01667	1,10675	0,17662	0,09007	0,08860	0,214	0,18473	37,97%	38,84%	21%	^Rreg,nr	1,04769	0,06404	0,03102	0,03051	0,123	0,06500	24,15%	24,34%	21%	^Rsu11	14
1,01667	1,09404	0,15466	0,07737	0,07610	0,197	0,16064	35,95%	36,64%	21%	^Rcal,nr	1,05532	0,06875	0,03865	0,03801	0,147	0,07025	24,85%	25,11%	21%	^Rss11	14
											1,04781	0,06056	0,03113	0,03062	0,127	0,06153	23,49%	23,67%	21%	^Ruuxx	14
											1,06138	0,06570	0,04471	0,04397	0,174	0,06770	24,15%	24,51%	21%	^Rusxx	14
											1,04257	0,05808	0,02590	0,02547	0,107	0,05875	23,12%	23,25%	21%	^Rsuxx	14
											1,04983	0,06087	0,03316	0,03261	0,134	0,06197	23,50%	23,71%	21%	^Rssxx	14
1,02422	1,11187	0,20364	0,08765	0,08558	0,194	0,21133	40,59%	41,35%	20%	^Rnr	0,98892	0,03573	-0,03530	-0,03447	0,187	0,03698	19,11%	19,45%	20%	^Ruu11	15
1,02422	1,09556	0,15629	0,07134	0,06965	0,180	0,16138	36,09%	36,67%	20%	^Rraz,nr	1,00381	0,04821	-0,02041	-0,01993	0,093	0,04863	21,87%	21,97%	20%	^Rus11	15
1,02422	1,06841	0,11656	0,04420	0,04315	0,129	0,11852	31,96%	32,22%	20%	^Rreg,nr	0,97814	0,03801	-0,04607	-0,04499	0,236	0,04013	19,93%	20,48%	20%	^Rsu11	15
1,02422	1,10264	0,12136	0,07842	0,07656	0,225	0,12751	31,59%	32,38%	20%	^Rcal,nr	0,99452	0,05275	-0,02970	-0,02899	0,129	0,05363	23,09%	23,29%	20%	^Rss11	15
											1,04219	0,04259	0,01797	0,01754	0,087	0,04292	19,80%	19,88%	20%	^Ruuxx	15
											1,06166	0,05699	0,03745	0,03656	0,157	0,05839	22,49%	22,76%	20%	^Rusxx	15
											1,03250	0,03842	0,00828	0,00808	0,042	0,03849	18,98%	19,00%	20%	^Rsuxx	15
											1,05195	0,05436	0,02773	0,02708	0,119	0,05513	22,16%	22,32%	20%	^Rssxx	15
1,01877	1,09822	0,19325	0,07945	0,07799	0,181	0,19956	40,03%	40,68%	19%	^Rnr	1,14188	0,05524	0,12311	0,12084	0,524	0,07039	20,58%	23,24%	19%	^Ruu11	16
1,01877	1,08365	0,19219	0,06488	0,06369	0,148	0,19640	40,46%	40,90%	19%	^Rraz,nr	1,14767	0,05815	0,12890	0,12652	0,535	0,07476	21,01%	23,82%	19%	^Rus11	16
1,01877	1,09204	0,14025	0,07327	0,07192	0,196	0,14562	34,29%	34,94%	19%	^Rreg,nr	1,14469	0,07611	0,12592	0,12360	0,456	0,09197	24,10%	26,49%	19%	^Rsu11	16
1,01877	1,02485	0,13265	0,00609	0,00597	0,017	0,13268	35,54%	35,54%	19%	^Rcal,nr	1,14609	0,07041	0,12732	0,12498	0,480	0,08662	23,15%	25,68%	19%	^Rss11	16
											1,02738	0,05421	0,00862	0,00846	0,037	0,05429	22,66%	22,68%	19%	^Ruuxx	16
											1,03882	0,04426	0,02005	0,01968	0,095	0,04466	20,25%	20,34%	19%	^Rusxx	16
											1,02822	0,06856	0,00945	0,00928	0,036	0,06865	25,47%	25,48%	19%	^Rsuxx	16
											1,03496	0,05620	0,01619	0,01589	0,068	0,05646	22,91%	22,96%	19%	^Rssxx	16
0,97559	1,09065	0,20558	0,11505	0,11793	0,254	0,21882	41,57%	42,89%	21%	^Rnr	1,08533	0,04598	0,10974	0,11248	0,512	0,05802	19,76%	22,19%	20%	^Ruu11	17
0,97559	1,08098	0,14967	0,10539	0,10802	0,272	0,16078	35,79%	37,09%	20%	^Rraz,nr	1,10003	0,05598	0,12444	0,12755	0,526	0,07147	21,51%	24,30%	20%	^Rus11	17
0,97559	1,08056	0,12133	0,10497	0,10759	0,301	0,13235	32,24%	33,67%	20%	^Rreg,nr	1,09041	0,06035	0,11482	0,11769	0,467	0,07353	22,53%	24,87%	20%	^Rsu11	17
0,97559	1,05519	0,11506	0,07960	0,08159	0,235	0,12139	32,15%	33,02%	20%	^Rcal,nr	1,09935	0,07409	0,12375	0,12685	0,455	0,08941	24,76%	27,20%	20%	^Rss11	17
											1,04053	0,04213	0,06494	0,06656	0,316	0,04635	19,73%	20,69%	21%	^Ruuxx	17
											1,04494	0,04317	0,06935	0,07108	0,334	0,04798	19,88%	20,96%	20%	^Rusxx	17
											1,03461	0,05333	0,05902	0,06050	0,256	0,05681	22,32%	23,04%	20%	^Rsuxx	17
											1,04485	0,05622	0,06926	0,07099	0,292	0,06101	22,69%	23,64%	20%	^Rssxx	17
0,98283	1,09150	0,19551	0,10866	0,11056	0,246	0,20731	40,51%	41,71%	20%	^Rnr	0,99544	0,02346	0,01260	0,01282	0,082	0,02362	15,39%	15,44%	20%	^Ruu11	18
0,98283	1,02315	0,07817	0,04032	0,04102	0,144	0,07980	27,33%	27,61%	20%	^Rraz,nr	1,01402	0,03834	0,03118	0,03173	0,159	0,03931	19,31%	19,55%	20%	^Rus11	18
0,98283	1,02752	0,07860	0,04469	0,04547	0,159	0,08059	27,28%	27,63%	20%	^Rreg,nr	0,99132	0,03558	0,00848	0,00863	0,045	0,03565	19,03%	19,05%	20%	^Rsu11	18
0,98283	1,02617	0,07282	0,04333	0,04409	0,161	0,07470	26,30%	26,63%	20%	^Rcal,nr	1,01032	0,04981	0,02749	0,02797	0,123	0,05056	22,09%	22,26%	20%	^Rss11	18
											0,99111	0,02292	0,00827	0,00842	0,055	0,02299	15,28%	15,30%	20%	^Ruuxx	18
											1,00964	0,03631	0,02680	0,02727	0,141	0,03703	18,87%	19,06%	20%	^Rusxx	18
											0,98973	0,03326	0,00690	0,00702	0,038	0,03331	18,43%	18,44%	20%	^Rsuxx	18
											1,01037	0,04736	0,02753	0,02801	0,127	0,04812	21,54%	21,71%	20%	^Rssxx	18
1,04141	1,14445	0,25402	0,10304	0,09894	0,204	0,26464	44,04%	44,95%	30%	^Rnr	1,06762	0,08053	0,02621	0,02517	0,092	0,08122	26,58%	26,69%	30%	^Ruu11	19
1,04141	1,18049	0,48343	0,13908	0,13355	0,200	0,50278	58,90%	60,07%	30%	^Rraz,nr	1,06778	0,08113	0,02636	0,02532	0,093	0,08183	26,68%	26,79%	30%	^Rus11	19
1,04141	1,13747	0,25486	0,09606	0,09224	0,190	0,26409	44,38%	45,18%	30%	^Rreg,nr	1,05928	0,08597	0,01787	0,01716	0,061	0,08629	27,68%	27,73%	30%	^Rsu11	19
1,04141	1,13085	0,23883	0,08943	0,08588	0,183	0,24682	43,22%	43,93%	30%	^Rcal,nr	1,06499	0,08835	0,02357	0,02264	0,079	0,08890	27,91%	28,00%	30%	^Rss11	19
											1,08534	0,11476	0,04392	0,04218	0,130	0,11669	31,21%	31,47%	30%	^Ruuxx	19
											1,08938	0,09959	0,04797	0,04606	0,152	0,10189	28,97%	29,30%	30%	^Rusxx	19
											1,05480	0,09106	0,01339	0,01286	0,044	0,09124	28,61%	28,64%	30%	^Rsuxx	19
											1,06010	0,07874	0,01868	0,01794	0,067	0,07908	26,47%	26,53%	30%	^Rssxx	19
0,99728	1,05911	0,22550	0,06183	0,06200	0,130	0,22933	44,84%	45,22%	29%	^Rnr	0,94101	0,06827	-0,05627	-0,05642	0,215	0,07143	27,77%	28,40%	30%	^Ruu11	20
0,99728	1,10458	0,33430	0,10730	0,10760	0,186	0,34581	52,34%	53,24%	29%	^Rraz,nr	0,95399	0,07778	-0,04329	-0,04341	0,155	0,07965	29,23%	29,58%	30%	^Rus11	20
0,99728	1,05039	0,20647	0,05311	0,05326	0,117	0,20929	43,26%	43,55%	30%	^Rreg,nr	0,93415	0,06500	-0,06313	-0,06330	0,248	0,06899	27,29%	28,12%	30%	^Rsu11	20
0,99728	1,07373	0,19191	0,07645	0,07666	0,175	0,19775	40,80%	41,42%	30%	^Rcal,nr	0,95349	0,07922	-0,04379	-0,04391	0,156	0,08114	29,52%	29,87%	29%	^Rss11	20
											1,01830	0,08057	0,02102	0,02108	0,074	0,08101	27,87%	27,95%	30%	^Ruuxx	20
											1,03601	0,08475	0,03873	0,03884	0,133	0,08625	28,10%	28,35%	30%	^Rusxx	20
											1,01085	0,07084	0,01358	0,01361	0,051	0,07103	26,33%	26,36%	30%	^Rsuxx	20
											1,01872	0,06891	0,02144	0,02150	0,082	0,06937	25,77%	25,85%	30%	^Rssxx	20

Dist. weibull, no respuesta, n =100, F =5000, esc 21-27

	Muestra NR estimador RC										Muestra NR estimador NR										
R	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esc
1,00468	1,14971	0,27358	0,14502	0,14435	0,277	0,29461	45,49%	47,21%	30%	^Rnr	0,93646	0,05237	-0,06822	-0,06791	0,298	0,05703	24,44%	25,50%	30%	^Ruu11	21
1,00468	1,16677	0,26154	0,16209	0,16133	0,317	0,28781	43,83%	45,98%	30%	^Rraz,nr	0,95064	0,06686	-0,05404	-0,05379	0,209	0,06978	27,20%	27,79%	30%	^Rus11	21
1,00468	1,10347	0,17438	0,09878	0,09832	0,237	0,18414	37,84%	38,89%	30%	^Rreg,nr	0,93687	0,05524	-0,06781	-0,06749	0,289	0,05983	25,09%	26,11%	30%	^Rsu11	21
1,00468	1,18009	0,22365	0,17540	0,17459	0,371	0,25442	40,08%	42,74%	30%	^Rcal,nr	0,94735	0,06863	-0,05733	-0,05707	0,219	0,07192	27,65%	28,31%	30%	^Rss11	21
											1,10304	0,07046	0,09836	0,09790	0,371	0,08014	24,07%	25,66%	30%	^Ruuxx	21
											1,11377	0,08555	0,10909	0,10858	0,373	0,09745	26,26%	28,03%	30%	^Rusxx	21
											1,08601	0,06144	0,08133	0,08095	0,328	0,06805	22,82%	24,02%	30%	^Rsuxx	21
											1,09945	0,07741	0,09477	0,09433	0,341	0,08640	25,31%	26,73%	30%	^Rssxx	21
1,06166	1,14481	0,26151	0,08314	0,07832	0,163	0,26842	44,67%	45,26%	30%	^Rnr	1,16207	0,08324	0,10041	0,09458	0,348	0,09332	24,83%	26,29%	30%	^Ruu11	22
1,06166	1,15879	0,31011	0,09713	0,09148	0,174	0,31955	48,06%	48,78%	30%	^Rraz,nr	1,17426	0,08830	0,11260	0,10606	0,379	0,10098	25,31%	27,06%	30%	^Rus11	22
1,06166	1,15508	0,22950	0,09341	0,08799	0,195	0,23822	41,47%	42,26%	30%	^Rreg,nr	1,16280	0,09899	0,10114	0,09526	0,321	0,10922	27,06%	28,42%	30%	^Rsu11	22
1,06166	1,10601	0,20175	0,04435	0,04177	0,099	0,20372	40,61%	40,81%	30%	^Rcal,nr	1,16316	0,09737	0,10150	0,09560	0,325	0,10767	26,83%	28,21%	30%	^Rss11	22
											1,08926	0,08044	0,02759	0,02599	0,097	0,08120	26,04%	26,16%	30%	^Ruuxx	22
											1,09807	0,07524	0,03640	0,03429	0,133	0,07657	24,98%	25,20%	30%	^Rusxx	22
											1,07366	0,08213	0,01200	0,01130	0,042	0,08228	26,69%	26,72%	30%	^Rsuxx	22
											1,08487	0,07417	0,02320	0,02185	0,085	0,07471	25,10%	25,19%	30%	^Rssxx	22
1,01667	1,15630	0,25105	0,13963	0,13734	0,279	0,27054	43,33%	44,98%	29%	^Rnr	1,09722	0,07556	0,08055	0,07922	0,293	0,08205	25,05%	26,11%	29%	^Ruu11	23
1,01667	1,14211	0,27954	0,12544	0,12338	0,237	0,29527	46,29%	47,58%	29%	^Rraz,nr	1,11237	0,07974	0,09570	0,09413	0,339	0,08889	25,39%	26,80%	29%	^Rus11	23
1,01667	1,13619	0,20698	0,11952	0,11756	0,263	0,22126	40,04%	41,40%	29%	^Rreg,nr	1,08810	0,07960	0,07143	0,07026	0,253	0,08470	25,93%	26,75%	29%	^Rsu11	23
1,01667	1,11996	0,17918	0,10329	0,10159	0,244	0,18985	37,80%	38,90%	29%	^Rcal,nr	1,10892	0,08927	0,09225	0,09073	0,309	0,09778	26,94%	28,20%	29%	^Rss11	23
											1,06846	0,07230	0,05179	0,05094	0,193	0,07498	25,17%	25,63%	29%	^Ruuxx	23
											1,07680	0,06782	0,06013	0,05914	0,231	0,07143	24,18%	24,82%	29%	^Rusxx	23
											1,05843	0,06953	0,04175	0,04107	0,158	0,07128	24,91%	25,22%	29%	^Rsuxx	23
											1,07192	0,06821	0,05525	0,05434	0,212	0,07127	24,37%	24,90%	29%	^Rssxx	23
1,02422	1,13387	0,25974	0,10965	0,10706	0,215	0,27176	44,95%	45,98%	30%	^Rnr	0,97671	0,04277	-0,04751	-0,04639	0,230	0,04503	21,18%	21,73%	30%	^Ruu11	24
1,02422	1,11709	0,17409	0,09287	0,09067	0,223	0,18272	37,35%	38,27%	30%	^Rraz,nr	0,99956	0,05859	-0,02466	-0,02407	0,102	0,05920	24,22%	24,34%	30%	^Rus11	24
1,02422	1,08048	0,14300	0,05627	0,05494	0,149	0,14616	35,00%	35,38%	30%	^Rreg,nr	0,97894	0,04902	-0,04528	-0,04421	0,204	0,05107	22,62%	23,09%	30%	^Rsu11	24
1,02422	1,12582	0,15281	0,10160	0,09920	0,260	0,16314	34,72%	35,88%	30%	^Rcal,nr	1,00044	0,06648	-0,02378	-0,02322	0,092	0,06704	25,77%	25,88%	30%	^Rss11	24
											1,06310	0,04840	0,03888	0,03796	0,177	0,04991	20,69%	21,01%	30%	^Ruuxx	24
											1,08357	0,06331	0,05935	0,05795	0,236	0,06683	23,22%	23,86%	30%	^Rusxx	24
											1,05683	0,04819	0,03261	0,03184	0,149	0,04925	20,77%	21,00%	30%	^Rsuxx	24
											1,06760	0,06467	0,04338	0,04235	0,171	0,06656	23,82%	24,16%	30%	^Rssxx	24
1,01877	1,07096	0,21494	0,05219	0,05123	0,113	0,21766	43,29%	43,56%	30%	^Rnr	1,21318	0,07968	0,19441	0,19083	0,689	0,11748	23,27%	28,25%	30%	^Ruu11	25
1,01877	1,10479	0,21954	0,08602	0,08443	0,184	0,22694	42,41%	43,12%	30%	^Rraz,nr	1,21860	0,08025	0,19983	0,19615	0,705	0,12019	23,25%	28,45%	30%	^Rus11	25
1,01877	1,10190	0,16272	0,08314	0,08161	0,206	0,16963	36,61%	37,38%	30%	^Rreg,nr	1,21310	0,10048	0,19433	0,19075	0,613	0,13825	26,13%	30,65%	30%	^Rsu11	25
1,01877	1,02801	0,16438	0,00924	0,00907	0,023	0,16447	39,44%	39,45%	30%	^Rcal,nr	1,21728	0,10466	0,19851	0,19486	0,614	0,14407	26,58%	31,18%	30%	^Rss11	25
											1,03854	0,06328	0,01978	0,01941	0,079	0,06367	24,22%	24,30%	30%	^Ruuxx	25
											1,04244	0,05378	0,02367	0,02324	0,102	0,05434	22,25%	22,36%	30%	^Rusxx	25
											1,03620	0,07480	0,01743	0,01711	0,064	0,07511	26,39%	26,45%	30%	^Rsuxx	25
											1,04408	0,06676	0,02531	0,02484	0,098	0,06740	24,75%	24,87%	30%	^Rssxx	25
0,97559	1,07549	0,21413	0,09990	0,10239	0,216	0,22411	43,03%	44,02%	30%	^Rnr	1,08698	0,05495	0,11138	0,11417	0,475	0,06735	21,57%	23,88%	30%	^Ruu11	26
0,97559	1,05692	0,16009	0,08133	0,08336	0,203	0,16670	37,86%	38,63%	30%	^Rraz,nr	1,09527	0,06205	0,11967	0,12267	0,480	0,07637	22,74%	25,23%	30%	^Rus11	26
0,97559	1,05007	0,12645	0,07448	0,07634	0,209	0,13200	33,86%	34,60%	30%	^Rreg,nr	1,08164	0,06990	0,10605	0,10870	0,401	0,08114	24,44%	26,34%	30%	^Rsu11	26
0,97559	1,02449	0,12368	0,04890	0,05013	0,139	0,12607	34,33%	34,66%	30%	^Rcal,nr	1,09223	0,07734	0,11664	0,11955	0,419	0,09095	25,46%	27,61%	30%	^Rss11	26
											1,01046	0,04470	0,03487	0,03574	0,165	0,04592	20,92%	21,21%	30%	^Ruuxx	26
											1,02516	0,04553	0,04956	0,05080	0,232	0,04798	20,81%	21,37%	30%	^Rusxx	26
											1,00803	0,05580	0,03243	0,03324	0,137	0,05685	23,43%	23,65%	30%	^Rsuxx	26
											1,02165	0,05599	0,04605	0,04721	0,195	0,05812	23,16%	23,60%	30%	^Rssxx	26
0,98283	1,07100	0,22667	0,08817	0,08971	0,185	0,23444	44,45%	45,21%	31%	^Rnr	1,00588	0,03137	0,02305	0,02345	0,130	0,03190	17,61%	17,76%	30%	^Ruu11	27
0,98283	1,04563	0,09671	0,06280	0,06390	0,202	0,10066	29,74%	30,34%	30%	^Rraz,nr	1,02036	0,04843	0,03753	0,03818	0,171	0,04983	21,57%	21,88%	30%	^Rus11	27
0,98283	1,04621	0,09332	0,06337	0,06448	0,207	0,09734	29,20%	29,82%	30%	^Rreg,nr	1,00443	0,04446	0,02160	0,02197	0,102	0,04493	20,99%	21,10%	30%	^Rsu11	27
0,98283	1,03636	0,08802	0,05352	0,05446	0,180	0,09089	28,63%	29,09%	30%	^Rcal,nr	1,02094	0,06006	0,03811	0,03877	0,155	0,06152	24,01%	24,29%	30%	^Rss11	27
											1,01236	0,02609	0,02953	0,03004	0,183	0,02696	15,95%	16,22%	30%	^Ruuxx	27
											1,03030	0,04021	0,04746	0,04829	0,237	0,04246	19,46%	20,00%	30%	^Rusxx	27
											1,01065	0,03900	0,02782	0,02831	0,141	0,03977	19,54%	19,73%	30%	^Rsuxx	27
											1,02764	0,05163	0,04480	0,04559	0,197	0,05364	22,11%	22,54%	30%	^Rssxx	27

6.2.3. Distribución weibull con no respuesta estratificada

Dist. Weibull estratificado, no respuesta, n=100, F=5000, esc 21-27																				
	Muestra NR estimador RC										Muestra NR estimador NR									
R	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esc
1,04141	0,73141	0,11918	-0,31001	-0,29768	0,898	0,21529	47,20%	63,44%	25%	^Rnr	0,77001	0,15991	-0,27140	-0,26061	0,679	0,23357	51,93%	62,76%	25%	^Ruu11	1
1,04141	0,86335	0,26088	-0,17807	-0,17099	0,349	0,29259	59,16%	62,65%	25%	^Rraz,nr	0,79296	0,18545	-0,24845	-0,23857	0,577	0,24718	54,31%	62,70%	25%	^Rus11	1
1,04141	0,75473	0,13299	-0,28669	-0,27529	0,786	0,21518	48,32%	61,46%	25%	^Rreg,nr	0,76986	0,16342	-0,27155	-0,26075	0,672	0,23716	52,51%	63,26%	25%	^Rsu11	1
1,04141	0,74953	0,11689	-0,29189	-0,28028	0,854	0,20208	45,61%	59,98%	25%	^Rcal,nr	0,76798	0,17156	-0,27344	-0,26256	0,660	0,24633	53,93%	64,63%	25%	^Rss11	1
											0,86089	0,25598	-0,18052	-0,17334	0,357	0,28857	58,77%	62,40%	25%	^Ruuxx	1
											0,88344	0,23590	-0,15798	-0,15169	0,325	0,26085	54,98%	57,81%	25%	^Rusxx	1
											0,83249	0,22663	-0,20892	-0,20061	0,439	0,27028	57,18%	62,45%	25%	^Rsuxx	1
											0,84966	0,20019	-0,19175	-0,18413	0,429	0,23696	52,66%	57,29%	25%	^Rssxx	1
0,99728	0,70094	0,11413	-0,29634	-0,29715	0,877	0,20194	48,20%	64,11%	25%	^Rnr	0,69310	0,14073	-0,30418	-0,30501	0,811	0,23326	54,13%	69,68%	25%	^Ruu11	2
0,99728	0,79725	0,18735	-0,20003	-0,20058	0,462	0,22736	54,29%	59,81%	25%	^Rraz,nr	0,70694	0,15503	-0,29034	-0,29113	0,737	0,23933	55,70%	69,20%	25%	^Rus11	2
0,99728	0,71235	0,11143	-0,28492	-0,28570	0,854	0,19261	46,86%	61,61%	25%	^Rreg,nr	0,68078	0,13430	-0,31650	-0,31736	0,864	0,23448	53,83%	71,13%	25%	^Rsu11	2
0,99728	0,73846	0,11247	-0,25881	-0,25952	0,772	0,17946	45,41%	57,37%	25%	^Rcal,nr	0,70128	0,17367	-0,29600	-0,29681	0,710	0,26129	59,43%	72,89%	25%	^Rss11	2
											0,79849	0,20124	-0,19879	-0,19933	0,443	0,24076	56,18%	61,45%	25%	^Ruuxx	2
											0,81244	0,19191	-0,18483	-0,18534	0,422	0,22607	53,92%	58,52%	25%	^Rusxx	2
											0,75635	0,15114	-0,24093	-0,24158	0,620	0,20919	51,40%	60,47%	25%	^Rsuxx	2
											0,78167	0,15847	-0,21560	-0,21619	0,542	0,20495	50,93%	57,92%	25%	^Rssxx	2
1,00468	0,68383	0,10798	-0,32085	-0,31935	0,976	0,21092	48,05%	67,16%	24%	^Rnr	0,62912	0,10160	-0,37556	-0,37381	1,178	0,24264	50,66%	78,30%	24%	^Ruu11	3
1,00468	0,76943	0,13099	-0,23525	-0,23415	0,650	0,18634	47,04%	56,10%	24%	^Rraz,nr	0,64998	0,11286	-0,35470	-0,35305	1,056	0,23868	51,69%	75,16%	24%	^Rus11	3
1,00468	0,67448	0,08857	-0,33020	-0,32866	1,110	0,19760	44,12%	65,90%	24%	^Rreg,nr	0,63215	0,10992	-0,37254	-0,37080	1,124	0,24870	52,45%	78,89%	24%	^Rsu11	3
1,00468	0,73381	0,10646	-0,27087	-0,26961	0,830	0,17984	44,47%	57,79%	24%	^Rcal,nr	0,64363	0,12642	-0,36105	-0,35936	1,015	0,25678	55,24%	78,73%	25%	^Rss11	3
											0,76278	0,13381	-0,24190	-0,24077	0,661	0,19232	47,96%	57,49%	25%	^Ruuxx	3
											0,81287	0,17796	-0,19181	-0,19092	0,455	0,21475	51,90%	57,01%	24%	^Rusxx	3
											0,73402	0,11209	-0,27066	-0,26940	0,808	0,18535	45,61%	58,65%	24%	^Rsuxx	3
											0,77518	0,15054	-0,22950	-0,22843	0,592	0,20321	50,05%	58,15%	24%	^Rssxx	3
1,06166	0,68189	0,09999	-0,37977	-0,35772	1,201	0,24422	46,37%	72,47%	25%	^Rnr	0,83484	0,17168	-0,22682	-0,21365	0,547	0,22313	49,63%	56,58%	25%	^Ruu11	4
1,06166	0,86887	0,20953	-0,19279	-0,18160	0,421	0,24670	52,68%	57,17%	25%	^Rraz,nr	0,85295	0,18525	-0,20871	-0,19659	0,485	0,22881	50,46%	56,08%	25%	^Rus11	4
1,06166	0,75596	0,12070	-0,30570	-0,28795	0,880	0,21416	45,96%	61,22%	25%	^Rreg,nr	0,82159	0,20137	-0,24007	-0,22613	0,535	0,25901	54,62%	61,94%	25%	^Rsu11	4
1,06166	0,70802	0,09032	-0,35365	-0,33311	1,177	0,21539	42,45%	65,55%	25%	^Rcal,nr	0,84493	0,21546	-0,21674	-0,20415	0,467	0,26243	54,94%	60,63%	25%	^Rss11	4
											0,88122	0,20095	-0,18044	-0,16996	0,403	0,23351	50,87%	54,84%	25%	^Ruuxx	4
											0,88639	0,18038	-0,17527	-0,16509	0,413	0,21109	47,91%	51,83%	25%	^Rusxx	4
											0,85193	0,19971	-0,20973	-0,19755	0,469	0,24369	52,46%	57,95%	25%	^Rsuxx	4
											0,86972	0,17559	-0,19194	-0,18079	0,458	0,21243	48,18%	52,99%	25%	^Rssxx	4
1,01667	0,69313	0,10521	-0,32354	-0,31823	0,997	0,20989	46,80%	66,10%	24%	^Rnr	0,78436	0,13837	-0,23231	-0,22850	0,625	0,19234	47,42%	55,91%	25%	^Ruu11	5
1,01667	0,81971	0,14434	-0,19696	-0,19373	0,518	0,18313	46,35%	52,21%	24%	^Rraz,nr	0,81482	0,16692	-0,20186	-0,19855	0,494	0,20767	50,14%	55,93%	24%	^Rus11	5
1,01667	0,74194	0,10426	-0,27473	-0,27023	0,851	0,17974	43,52%	57,14%	24%	^Rreg,nr	0,78666	0,16911	-0,23002	-0,22624	0,559	0,22202	52,28%	59,90%	24%	^Rsu11	5
1,01667	0,74248	0,09547	-0,27419	-0,26969	0,887	0,17065	41,62%	55,64%	24%	^Rcal,nr	0,80606	0,18432	-0,21061	-0,20716	0,491	0,22868	53,26%	59,33%	24%	^Rss11	5
											0,83149	0,14084	-0,18518	-0,18214	0,493	0,17513	45,13%	50,33%	25%	^Ruuxx	5
											0,85478	0,15078	-0,16190	-0,15924	0,417	0,17699	45,43%	49,22%	24%	^Rusxx	5
											0,80122	0,13776	-0,21546	-0,21192	0,580	0,18418	46,33%	53,56%	25%	^Rsuxx	5
											0,83547	0,14686	-0,18120	-0,17823	0,473	0,17969	45,87%	50,74%	24%	^Rssxx	5
1,02422	0,69514	0,10018	-0,32908	-0,32129	1,040	0,20847	45,53%	65,68%	25%	^Rnr	0,71644	0,10410	-0,30777	-0,30050	0,954	0,19882	45,03%	62,24%	25%	^Ruu11	6
1,02422	0,83345	0,11456	-0,19077	-0,18626	0,564	0,15096	40,61%	46,62%	25%	^Rraz,nr	0,75003	0,13446	-0,27419	-0,26770	0,748	0,20964	48,89%	61,05%	25%	^Rus11	6
1,02422	0,72817	0,09360	-0,29605	-0,28905	0,968	0,18124	42,01%	58,47%	25%	^Rreg,nr	0,70966	0,11045	-0,31456	-0,30712	0,947	0,20939	46,83%	64,48%	25%	^Rsu11	6
1,02422	0,77225	0,14830	-0,25197	-0,24601	0,654	0,21179	49,87%	59,59%	25%	^Rcal,nr	0,74828	0,15367	-0,27594	-0,26942	0,704	0,22982	52,39%	64,07%	25%	^Rss11	6
											0,83992	0,11282	-0,18429	-0,17994	0,549	0,14679	39,99%	45,61%	25%	^Ruuxx	6
											0,87952	0,15792	-0,14470	-0,14128	0,364	0,17886	45,18%	48,09%	25%	^Rusxx	6
											0,82803	0,12563	-0,19619	-0,19155	0,553	0,16412	42,81%	48,93%	25%	^Rsuxx	6
											0,85680	0,17243	-0,16742	-0,16346	0,403	0,20046	48,46%	52,26%	25%	^Rssxx	6
1,01877	0,68280	0,09393	-0,33597	-0,32978	1,096	0,20680	44,88%	66,60%	25%	^Rnr	1,01665	0,18082	-0,00211	-0,00207	0,005	0,18083	41,83%	41,83%	25%	^Ruu11	7
1,01877	0,93249	0,16959	-0,08628	-0,08469	0,210	0,17703	44,16%	45,12%	25%	^Rraz,nr	1,02064	0,18146	0,00187	0,00184	0,004	0,18147	41,74%	41,74%	25%	^Rus11	7
1,01877	0,87857	0,12257	-0,14020	-0,13761	0,400	0,14222	39,85%	42,92%	25%	^Rreg,nr	1,01287	0,24520	-0,00589	-0,00579	0,012	0,24523	48,89%	48,89%	25%	^Rsu11	7
1,01877	0,72991	0,08592	-0,28885	-0,28353	0,985	0,16935	40,16%	56,38%	25%	^Rcal,nr	1,03311	0,25088	0,01434	0,01407	0,029	0,25108	48,48%	48,50%	25%	^Rss11	7
											0,93695	0,16622	-0,08182	-0,08031	0,201	0,17292	43,51%	44,38%	25%	^Ruuxx	7
											0,94818	0,14240	-0,07059	-0,06929	0,187	0,14738	39,80%	40,49%	25%	^Rusxx	7
											0,92784	0,20554	-0,09092	-0,08925	0,201	0,21381	48,86%	49,84%	25%	^Rsuxx	7
											0,94972	0,19603	-0,06905	-0,06778	0,156	0,20080	46,62%	47,18%	25%	^Rssxx	7
0,97559	0,69589	0,10617	-0,27970	-0,28670	0,858	0,18441	46,82%	61,71%	25%	^Rnr	0,99759	0,18610	0,02200	0,02255	0,051	0,18658	43,24%	43,30%	25%	^Ruu11	8
0,97559	0,95658	0,14276	-0,01901	-0,01949	0,050	0,14312	39,50%	39,55%	25%	^Rraz,nr	1,01721	0,21316	0,04161	0,04266	0,090	0,21490	45,39%	45,57%	25%	^Rus11	8
0,97559	0,89367	0,12495	-0,08193	-0,08397	0,232	0,13166	39,55%	40,60%	25%	^Rreg,nr	0,99154	0,24013	0,01595	0,01635	0,033	0,24038	49,42%	49,45%	25%	^Rsu11	8
0,97559	0,80743	0,12190	-0,16816	-0,17237	0,482	0,15018	43,24%	48,00%	25%	^Rcal,nr	1,02012	0,28606	0,04453	0,04564	0,083	0,28804	52,43%	52,61%	25%	^Rss11	8
											0,96121	0,14331	-0,01438	-0,01474	0,038	0,14351	39,38%	39,41%	25%	^Ruuxx	8
											0,98587	0,14874	0,01028	0,01053	0,027	0,14885	39,12%	39,13%	25%	^Rusxx	8
											0,94854	0,18298	-0,02705	-0,02773	0,063	0,18372	45,10%	45,19%	25%	^Rsuxx	8
											0,97971	0,19542	0,00412	0,00422	0,009	0,19543	45,12%	45,12%	25%	^Rssxx	8
0,98283	0,69394	0,10146	-0,28889	-0,29394	0,907	0,18492	45,90%	61,97%	24%	^Rnr	0,85708	0,08280	-0,12576	-0,12795	0,437	0,09862	33,57%	36,64%	25%	^Ruu11	9
0,98283	0,89155	0,06859	-0,09128	-0,09288	0,349	0,07692	29,37%	31,11%	24%	^Rraz,nr	0,88989	0,12254	-0,09294	-0,09457	0,266	0,13118	39,34%	40,70%	24%	^Rus11	9
0,98283	0,82772	0,06893	-0,15511	-0,15782	0,591	0,09299	31,72%	36,84%	24%	^Rreg,nr	0,85909	0,12019	-0,12375	-0,12591	0,357	0,13550	40,35%	42,85%	25%	^Rsu11	9
0,98283	0,82791	0,07041	-0,15493	-0,15763	0,584	0,09441	32,05%	37,11%	24%	^Rcal,nr	0,90241	0,17170	-0,08042	-0,08183	0,194	0,17816	45,92%	46,77%	24%	^Rss11	9
											0,89868	0,06753	-0,08415	-0,08562	0,324	0,07461	28,92%	30,39%	25%	^Ruuxx	9
											0,92855	0,10445	-0,05429	-0,05523	0,168	0,10739	34,81%	35,29%	24%	^Rusxx	9
											0,87714	0,10273	-0,10569	-0,10754	0,330	0,11390	36,54%	38,48%	25%	^Rsuxx	9
											0,92400	0,14906	-0,05883	-0,05986	0,152	0,15252	41,78%	42,27%	24%	^Rssxx	9

6.2.4. Distribución weibull con no respuesta estratificada inversa

Dist. Weibull est. inv., no respuesta, n =100, F =5000, esc 21-27

	Muestra NR estimador RC										Muestra NR estimador NR										
R	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esim(^R)	Vsim(^R)	Bsim(^R)	Brsim(^R)	ABRsim(^R)	ECMsim(^R)	CVsim(^R)	ECMRsim(^R)	% NR	Estim.	Esc
1,04141	1,37379	0,33916	0,33237	0,31916	0,571	0,44963	42,39%	48,81%	30%	^Rnr	1,36110	0,38360	0,31969	0,30698	0,516	0,48580	45,50%	51,21%	30%	^Ruu11	1
1,04141	1,37752	0,53068	0,33611	0,32274	0,461	0,64365	52,88%	58,24%	30%	^Rraz,nr	1,40033	0,42491	0,35892	0,34464	0,551	0,55373	46,55%	53,14%	30%	^Rus11	1
1,04141	1,37085	0,32108	0,32944	0,31634	0,581	0,42961	41,33%	47,81%	30%	^Rreg,nr	1,34993	0,38512	0,30852	0,29625	0,497	0,48030	45,97%	51,34%	30%	^Rsu11	1
1,04141	1,37171	0,32031	0,33030	0,31716	0,584	0,42941	41,26%	47,77%	30%	^Rcal,nr	1,37627	0,41963	0,33486	0,32154	0,517	0,53176	47,07%	52,99%	30%	^Rss11	1
											1,37326	0,55174	0,33184	0,31865	0,447	0,66186	54,09%	59,24%	30%	^Ruuxx	1
											1,39247	0,47700	0,35106	0,33710	0,508	0,60024	49,60%	55,64%	30%	^Rusxx	1
											1,29921	0,39421	0,25780	0,24755	0,411	0,46067	48,33%	52,24%	30%	^Rsuxx	1
											1,32871	0,37031	0,28730	0,27588	0,472	0,45285	45,80%	50,65%	30%	^Rssxx	1
0,99728	1,39108	0,36544	0,39381	0,39488	0,651	0,52052	43,46%	51,86%	30%	^Rnr	1,23505	0,30365	0,23777	0,23842	0,431	0,36018	44,62%	48,59%	30%	^Ruu11	2
0,99728	1,29571	0,38844	0,29843	0,29925	0,479	0,47750	48,10%	53,33%	30%	^Rraz,nr	1,27390	0,35275	0,27662	0,27738	0,466	0,42927	46,62%	51,43%	30%	^Rus11	2
0,99728	1,33639	0,27415	0,33911	0,34003	0,648	0,38914	39,18%	46,68%	30%	^Rreg,nr	1,22871	0,30061	0,23144	0,23207	0,422	0,35417	44,62%	48,43%	30%	^Rsu11	2
0,99728	1,35328	0,28366	0,35600	0,35697	0,668	0,41039	39,36%	47,34%	30%	^Rcal,nr	1,24817	0,32819	0,25089	0,25158	0,438	0,39114	45,90%	50,11%	30%	^Rss11	2
											1,32855	0,41217	0,33127	0,33218	0,516	0,52191	48,32%	54,38%	30%	^Ruuxx	2
											1,35575	0,43216	0,35847	0,35945	0,545	0,56067	48,49%	55,23%	30%	^Rusxx	2
											1,24930	0,31258	0,25202	0,25271	0,451	0,37609	44,75%	49,09%	30%	^Rsuxx	2
											1,28354	0,31375	0,28626	0,28704	0,511	0,39570	43,64%	49,01%	30%	^Rssxx	2
1,00468	1,38418	0,33514	0,37950	0,37773	0,656	0,47916	41,82%	50,01%	31%	^Rnr	1,11888	0,17847	0,11420	0,11367	0,270	0,19151	37,76%	39,11%	31%	^Ruu11	3
1,00468	1,27294	0,28434	0,26826	0,26701	0,503	0,35630	41,89%	46,89%	31%	^Rraz,nr	1,16531	0,27070	0,16063	0,15988	0,309	0,29650	44,65%	46,73%	31%	^Rus11	3
1,00468	1,29820	0,19890	0,29352	0,29215	0,658	0,28506	34,35%	41,13%	31%	^Rreg,nr	1,09447	0,16520	0,08979	0,08937	0,221	0,17326	37,14%	38,03%	31%	^Rsu11	3
1,00468	1,38122	0,24960	0,37654	0,37479	0,754	0,39138	36,17%	45,29%	31%	^Rcal,nr	1,13779	0,23872	0,13311	0,13249	0,272	0,25644	42,94%	44,51%	31%	^Rss11	3
											1,28174	0,29227	0,27706	0,27577	0,512	0,36903	42,18%	47,40%	31%	^Ruuxx	3
											1,34078	0,38317	0,33610	0,33453	0,543	0,49614	46,17%	52,53%	31%	^Rusxx	3
											1,20994	0,19194	0,20526	0,20430	0,469	0,23407	36,21%	39,99%	31%	^Rsuxx	3
											1,26784	0,26629	0,26316	0,26194	0,510	0,33555	40,70%	45,69%	30%	^Rssxx	3
1,06166	1,42493	0,34142	0,36326	0,34216	0,622	0,47338	41,01%	48,29%	30%	^Rnr	1,42733	0,35175	0,36567	0,34443	0,617	0,48546	41,55%	48,82%	30%	^Ruu11	4
1,06166	1,32617	0,41779	0,26451	0,24914	0,409	0,48775	48,74%	52,66%	30%	^Rraz,nr	1,46568	0,39087	0,40402	0,38055	0,646	0,55410	42,66%	50,79%	30%	^Rus11	4
1,06166	1,36176	0,27029	0,30009	0,28266	0,577	0,36035	38,18%	44,08%	30%	^Rreg,nr	1,41473	0,37661	0,35306	0,33256	0,575	0,50126	43,38%	50,04%	30%	^Rsu11	4
1,06166	1,35464	0,26308	0,29297	0,27596	0,571	0,34891	37,86%	43,60%	30%	^Rcal,nr	1,42677	0,39134	0,36511	0,34390	0,584	0,52464	43,85%	50,77%	30%	^Rss11	4
											1,32604	0,40726	0,26438	0,24902	0,414	0,47716	48,13%	52,09%	30%	^Ruuxx	4
											1,35858	0,34641	0,29691	0,27967	0,504	0,43457	43,32%	48,52%	30%	^Rusxx	4
											1,28325	0,35808	0,22159	0,20872	0,370	0,40719	46,63%	49,73%	30%	^Rsuxx	4
											1,27597	0,28558	0,21430	0,20185	0,401	0,33151	41,88%	45,12%	30%	^Rssxx	4
1,01667	1,43141	0,35963	0,41474	0,40794	0,692	0,53164	41,90%	50,94%	30%	^Rnr	1,27636	0,27429	0,25969	0,25543	0,496	0,34173	41,03%	45,80%	30%	^Ruu11	5
1,01667	1,20384	0,26995	0,18717	0,18410	0,360	0,30499	43,16%	45,87%	30%	^Rraz,nr	1,33012	0,34246	0,31345	0,30831	0,536	0,44071	44,00%	49,91%	30%	^Rus11	5
1,01667	1,30884	0,23370	0,29217	0,28737	0,604	0,31907	36,94%	43,16%	30%	^Rreg,nr	1,25608	0,28806	0,23941	0,23549	0,446	0,34538	42,73%	46,79%	31%	^Rsu11	5
1,01667	1,29593	0,23320	0,27926	0,27468	0,578	0,31119	37,26%	43,05%	30%	^Rcal,nr	1,30331	0,34342	0,28664	0,28194	0,489	0,42558	44,96%	50,05%	30%	^Rss11	5
											1,21657	0,27237	0,19990	0,19662	0,383	0,31233	42,90%	45,94%	30%	^Ruuxx	5
											1,24630	0,28252	0,22963	0,22587	0,432	0,33525	42,65%	46,46%	30%	^Rusxx	5
											1,14638	0,21872	0,12971	0,12759	0,277	0,23554	40,80%	42,34%	30%	^Rsuxx	5
											1,20701	0,25783	0,19033	0,18721	0,375	0,29406	42,07%	44,93%	30%	^Rssxx	5
1,02422	1,40806	0,31926	0,38384	0,37477	0,679	0,46660	40,13%	48,51%	30%	^Rnr	1,17155	0,16367	0,14734	0,14385	0,364	0,18538	34,53%	36,75%	30%	^Ruu11	6
1,02422	1,20118	0,17843	0,17697	0,17278	0,419	0,20975	35,17%	38,13%	30%	^Rraz,nr	1,20725	0,23455	0,18303	0,17871	0,378	0,26805	40,12%	42,89%	30%	^Rus11	6
1,02422	1,26946	0,15612	0,24524	0,23944	0,621	0,21626	31,13%	36,63%	30%	^Rreg,nr	1,16342	0,17439	0,13921	0,13591	0,333	0,19377	35,89%	37,84%	30%	^Rsu11	6
1,02422	1,29519	0,17279	0,27097	0,26456	0,652	0,24622	32,09%	38,31%	30%	^Rcal,nr	1,19357	0,23665	0,16935	0,16535	0,348	0,26533	40,76%	43,16%	30%	^Rss11	6
											1,20047	0,17331	0,17625	0,17208	0,423	0,20437	34,68%	37,66%	30%	^Ruuxx	6
											1,27153	0,27168	0,24732	0,24147	0,474	0,33284	40,99%	45,37%	30%	^Rusxx	6
											1,15501	0,14617	0,13079	0,12770	0,342	0,16328	33,10%	34,98%	30%	^Rsuxx	6
											1,20319	0,20472	0,17897	0,17474	0,396	0,23675	37,61%	40,44%	30%	^Rssxx	6
1,01877	1,37091	0,33575	0,35214	0,34565	0,608	0,45976	42,27%	49,46%	30%	^Rnr	1,40036	0,29453	0,38159	0,37456	0,703	0,44014	38,75%	47,38%	30%	^Ruu11	7
1,01877	1,18613	0,26817	0,16736	0,16428	0,323	0,29618	43,66%	45,88%	30%	^Rraz,nr	1,41432	0,29861	0,39555	0,38827	0,724	0,45508	38,64%	47,70%	30%	^Rus11	7
1,01877	1,21529	0,18567	0,19653	0,19291	0,456	0,22429	35,46%	38,97%	30%	^Rreg,nr	1,38797	0,33845	0,36920	0,36240	0,635	0,47476	41,91%	49,64%	30%	^Rsu11	7
1,01877	1,22085	0,19715	0,20209	0,19836	0,455	0,23799	36,37%	39,96%	30%	^Rcal,nr	1,40509	0,36032	0,38632	0,37921	0,644	0,50956	42,72%	50,80%	30%	^Rss11	7
											1,17684	0,26007	0,15807	0,15516	0,310	0,28506	43,33%	45,37%	30%	^Ruuxx	7
											1,20430	0,21186	0,18553	0,18211	0,403	0,24628	38,22%	41,21%	30%	^Rusxx	7
											1,15391	0,28347	0,13514	0,13265	0,254	0,30174	46,14%	47,60%	30%	^Rsuxx	7
											1,18040	0,24731	0,16163	0,15865	0,325	0,27344	42,13%	44,30%	30%	^Rssxx	7
0,97559	1,28586	0,28044	0,31027	0,31803	0,586	0,37671	41,18%	47,73%	30%	^Rnr	1,17957	0,18508	0,20398	0,20908	0,474	0,22669	36,47%	40,36%	30%	^Ruu11	8
0,97559	1,05852	0,15189	0,08292	0,08500	0,213	0,15876	36,82%	37,64%	30%	^Rraz,nr	1,20343	0,21117	0,22784	0,23354	0,496	0,26308	38,19%	42,62%	30%	^Rus11	8
0,97559	1,11945	0,13548	0,14385	0,14745	0,391	0,15617	32,88%	35,30%	30%	^Rreg,nr	1,16003	0,21151	0,18444	0,18906	0,401	0,24553	39,65%	42,71%	30%	^Rsu11	8
0,97559	1,10108	0,12896	0,12548	0,12862	0,349	0,14470	32,61%	34,55%	30%	^Rcal,nr	1,20323	0,27649	0,22764	0,23333	0,433	0,32831	43,70%	47,62%	30%	^Rss11	8
											1,05910	0,15173	0,08351	0,08560	0,214	0,15870	36,78%	37,61%	30%	^Ruuxx	8
											1,10397	0,17501	0,12837	0,13159	0,307	0,19149	37,89%	39,64%	30%	^Rusxx	8
											1,04591	0,18116	0,07031	0,07207	0,165	0,18610	40,69%	41,25%	30%	^Rsuxx	8
											1,08557	0,19938	0,10998	0,11273	0,246	0,21148	41,13%	42,36%	30%	^Rssxx	8
0,98283	1,34354	0,32055	0,36070	0,36700	0,637	0,45065	42,14%	49,97%	30%	^Rnr	1,10970	0,10447	0,12686	0,12908	0,392	0,12057	29,13%	31,29%	30%	^Ruu11	9
0,98283	1,07879	0,09280	0,09595	0,09763	0,315	0,10201	28,24%	29,61%	30%	^Rraz,nr	1,15944	0,17192	0,17661	0,17969	0,426	0,20311	35,76%	38,87%	30%	^Rus11	9
0,98283	1,13645	0,09897	0,15361	0,15630	0,488	0,12257	27,68%	30,81%	30%	^Rreg,nr	1,10202	0,14496	0,11918	0,12127	0,313	0,15917	34,55%	36,20%	30%	^Rsu11	9
0,98283	1,13541	0,09838	0,15258	0,15524	0,486	0,12166	27,62%	30,72%	30%	^Rcal,nr	1,14631	0,21703	0,16347	0,16633	0,351	0,24375	40,64%	43,07%	30%	^Rss11	9
											1,07224	0,09145	0,08941	0,09097	0,296	0,09945	28,20%	29,41%	30%	^Ruuxx	9
											1,12596	0,15016	0,14312	0,14562	0,369	0,17065	34,42%	36,69%	30%	^Rusxx	9
											1,06377	0,12770	0,08093	0,08234	0,226	0,13425	33,59%	34,44%	30%	^Rsuxx	9
											1,09759	0,17736	0,11476	0,11676	0,272	0,19053	38,37%	39,77%	30%	^Rssxx	9