

Estimación de la prevalencia a partir de los métodos de captura-recaptura

Montserrat Freixa Blanxart, Joan Guàrdia Olmos, M^a Luisa Honrubia Serrano y Maribel Però Cebollero
Universidad de Barcelona

El Objetivo del presente trabajo consiste en la validación del método de captura-recaptura a partir de la comparación de las estimaciones de la prevalencia de fumadores de 10 o más cigarrillos diarios entre estudiantes de primer y segundo ciclo de la UB a partir del método de captura-recaptura y de un método de encuesta clásico. Los resultados muestran que la prevalencia es ligeramente superior en la estimación obtenida por el método clásico de la encuesta, aunque ello puede ser debido al hecho de haber capturado pocos sujetos en ambos momentos de medida y especialmente al hecho de que el número de alumnos recapturados sea muy bajo (5 alumnos).

Validation of the capture-recapture method. The objective of this study was the validation of the capture-recapture method. In order to do this we compare the prevalence estimation by capture-recapture method and by survey of heavy smokers (ten or more cigarettes) between Barcelona University first and second cycle students. The results show prevalence estimation bigger for the survey than for the capture-recapture method. This difference could be a consequence of the little subjects captured in both captures and specially to the fact that the number of students recaptured was very little (only 5 students).

El método de «Captura-Recaptura» es un método indirecto de estimación de la prevalencia de diferentes trastornos. En realidad, este método surgió en el ámbito de la ecología, en concreto, para la obtención de censos de poblaciones salvajes y de peces, debido a la difícil accesibilidad de este tipo de poblaciones (Hook y Regal, 1992, International Working Group for Disease Monitoring and Forecasting, 1995a). Así, algunos autores destacan la utilidad de este método cuando sólo se puede detectar una pequeña proporción de los individuos de la población a estudiar, ya que es una alternativa para estimar la prevalencia del trastorno a determinar (Domingo-Salvany et al 1998).

Ahora bien, aunque su origen como acabamos de señalar se produce en el ámbito de la ecología, esta técnica de muestreo no ha quedado reducida a esta área, así pues, como señalan McCarty et al (1993) ha tenido una larga historia en demografía. Además es un método muy importante tanto para la comunidad de científicos como para los políticos, ya que con su uso se puede conseguir establecer estadísticas más precisas y más baratas, lo cual repercute en la adecuación de las intervenciones políticas a realizar (LaPorte, 1994).

Por otra parte, en el ámbito de la epidemiología los primeros trabajos que utilizan este método son los de Wittes y Sidel en 1968 en la estimación de la frecuencia de defectos en el nacimiento y los de Lewis y Hassarein en 1969 para la determinación

del número de infecciones hospitalarias (International Working Group for Disease Monitoring and Forecasting, 1995b). Ahora bien, como señalan estos autores, la expansión del uso de este método no se produce hasta finales de los años ochenta, siendo uno de los ámbitos en que más se ha aplicado el de las drogadicciones (Bloor et al, 1991; Domingo-Salvany et al, 1995; Domingo-Salvany et al, 1998; Doscher y Woodward, 1983; Frischer et al, 1991; Frischer, 1992; Simeone et al, 1993...). E incluso algunos autores van más allá, y proponen la utilización de este método en la mejora del procedimiento diagnóstico cuando se dispone de diferentes pruebas diagnósticas que tienen una especificidad de uno, y una sensibilidad inferior a uno, ya que la combinación de las mismas implica una mejora de la sensibilidad en la detección del trastorno manteniendo la especificidad (Simondon y Khodja, 1999).

No obstante, tal y como señalan Papoz et al (1996) la validez del método de captura-recaptura no se ha comprobado nunca a partir de datos de campo exhaustivos. Es por este motivo que en el presente trabajo se pretende llevar a cabo la comparación del método de captura-recaptura y un método de muestreo clásico, en concreto la técnica de registro basada en la encuesta. Ello se realizará a partir de la comparación de la estimación de la prevalencia de fumadores de 10 o más cigarrillos diarios entre estudiantes de primer y segundo ciclo de la Universidad de Barcelona (UB) a través de los dos métodos. Si las estimaciones obtenidas a partir de ambos procedimientos son similares se podrá concluir que el método de captura-recaptura es válido para la estimación del tamaño de poblaciones ocultas o sumergidas, tales como los sin hogar, las mujeres maltratadas, los drogadictos..., y por tanto, para la estimación de su prevalencia en la población de referencia.

Presentación de la Técnica de Captura-Recaptura

El método de captura-recaptura consiste en la estimación del número de sujetos que pertenecen a un grupo determinado, utilizando para ello dos o más fuentes (muestras o listas) de datos obtenidas a partir de la población a estudiar, posteriormente, estas listas se comparan y se determina el grado de solapamiento en las mismas (cuantos sujetos hay repetidos en las diferentes listas). Así pues, si se dispone de dos fuentes de datos obtendríamos una tabla de contingencia 2 x 2 similar a la que se muestra en la tabla 1.

Como se puede apreciar en esta tabla la casilla a determinar es la «d», es decir, el número de sujetos que no han sido capturados en ninguna de las dos fuentes y que tienen el trastorno bajo estudio. Una representación a nivel gráfico de esta idea se muestra en la figura 1.

En la figura 1 se observa como el número total de sujetos obtenidos en las dos fuentes (a + b + c) no corresponde a la población oculta total, sino que queda un número determinado de sujetos a estimar, «d», que no han sido detectados en la captura en ninguna de las dos fuentes. A partir de diferentes métodos de estimación se determinará el número de sujetos no detectados por ninguna de las dos fuentes o bien el número total de sujetos afectados.

Ahora bien, antes de enumerar los diferentes procedimientos para la estimación de la casilla «d» o de N (número total de sujetos afectados) se considera conveniente mencionar las condiciones que deben asumirse para la aplicación idónea de este método, y que son las siguientes:

1) Las muestras han de ser representativas de la población estudiada, la cual debe ser cerrada.

2) Las fuentes de datos deben ser mutuamente independientes. Si las fuentes mantienen una relación positiva la casilla «d» quedará subestimada y si la relación es negativa la casilla «d» se sobrestimará (Hook et al, 1980; Hook y Regal, 1992; Hook y Regal, 1995a; Domingo-Salvany et al, 1998; Tilling y Sterne, 1999). Esta dependencia recibe el nombre de fascinación por la trampa si es positiva y de evasión de la trampa si es negativa, que en términos epidemiológicos puede ser tendencia a la solicitud de cuidado en salud para la relación positiva y tendencia a la no solicitud de cuidado en salud para la relación negativa (McCarty et al, 1993).

		Fuente 1	
		Sí	No
Fuente 2	Sí	a	b
	No	c	d?

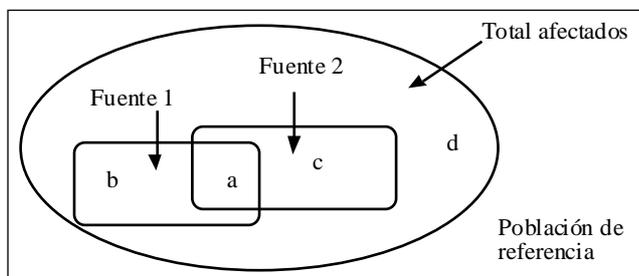


Figura 1. Representación gráfica del método de captura-recaptura para dos fuentes

3) La probabilidad de captura ha de ser homogénea para todos los individuos de la población.

En el caso de trabajar con más de dos fuentes se puede valorar la posible dependencia entre las mismas a partir de la utilización de modelos de regresión log-lineales (Hook et al, 1980; Domingo-Salvany et al 1995; LaPorte et al, 1995; Papoz et al, 1996; Domingo-Salvany et al, 1998...) O bien juntar las fuentes que están relacionadas tal como propone Wittes et al en 1974 (citado por Papoz et al, 1996) y también LaPorte et al (1995). Siendo cada vez más sofisticadas las estrategias o criterios desarrollados para la selección del modelo log-lineal adecuado en la estimación del número total de sujetos afectados (Hook y Regal, 1995a; Hook y Regal, 1995b y Hook y Regal, 1997). De hecho estos últimos autores señalan que a medida que aumenta la complejidad del modelo la «estabilidad» de la estimación tiende a disminuir y los intervalos de confianza asociados son más amplios.

Si la probabilidad de captura no es homogénea para todos los individuos de la población afectada se pueden subdividir las fuentes en subgrupos, en función del sexo, la edad, el lugar de residencia... (Domingo-Salvany et al, 1998).

Tilling y Sterne (1999) proponen el uso de modelos log-lineales (basados en el esquema de muestreo de Poisson) o de modelos logit (basados en el esquema de muestreo multinomial) en el caso de que se violen las asunciones de dependencia entre las fuentes y de homogeneidad de las probabilidades de captura cuando estas dependen de covariables. Remarcando el hecho de que el modelo log-lineal es equivalente al modelo logit si no hay covariables, y que en el caso de que las covariables sean continuas sólo se podrá utilizar un modelo logit.

En el caso de trabajar con dos fuentes los procedimientos de estimación del número total de sujetos afectados son básicamente tres, la estimación máximo verosímil derivada de la aplicación de los modelos log-lineales (Bishop et al, 1975), la estimación casi insesgada propuesta por Chapman en 1951 (citado en Papoz et al, 1996) y mencionada en LaPorte et al (1992), Hook y Regal (1993) y Hook y Regal (1995a), y finalmente la estimación a partir de la aplicación de modelos logit (Tilling y Sterne, 1999).

• Estimación máximo verosímil

$$\hat{d} = \frac{b \cdot c}{a}$$

$$\hat{N} = \frac{(a+b) \cdot (a+c)}{a} \quad \text{Var}(\hat{N}) = \frac{(a+b)(a+c)c \cdot b}{a^3}$$

• Estimación casi insesgada

$$\hat{d} = \frac{b \cdot c}{a+1}$$

$$\hat{N} = \frac{(a+b+1) \cdot (a+c+1)}{a+1} \quad \text{Var}(\hat{N}) = \frac{(a+b+1)(a+c+1)c \cdot b}{(a+1)^2(a+2)}$$

• Estimación a partir del modelo logit

La proporción de casos «missing» se estima por:

$$P_i = \frac{e^{\beta_i}}{(e^{\beta_i} + 1)(e^{\beta_i} + e^{\beta_j})}$$

donde: $\beta_2 = l_2 - l_1$ y $\beta_3 = l_2$

l_1 y l_2 son los logit de π_1 (probabilidad de ser capturado en la primera fuente) y π_2 (probabilidad de ser capturado en la segunda fuente) respectivamente, es decir:

$$l_1 = \ln\left(\frac{\pi_1}{1-\pi_1}\right) \quad l_2 = \ln\left(\frac{\pi_2}{1-\pi_2}\right)$$

y finalmente el número de individuos afectados se estima a partir de la fórmula siguiente:

$$\hat{N}_i = \frac{a+b+c}{1-p_i}$$

La estimación por intervalo de confianza se suele realizar a partir de la aproximación normal asintótica de \hat{N} , aunque como señalan Regal y Hook (1991) esta aproximación no es adecuada para muestras pequeñas o moderadas ya que no se puede justificar la asunción de la normalidad asintótica de la distribución del estimador porque la distribución de \hat{N} es asimétrica. Así pues, ya en 1984, Regal y Hook propusieron la obtención del intervalo de confianza a partir de la razón de verosimilitud (G^2) o del estadístico χ^2 de bondad de ajuste. A partir de esta aproximación se puede obtener el intervalo de confianza con un nivel de confianza aproximado del 95% incluyendo aquellos valores de \hat{N} para los que la medida de bondad de ajuste de la tabla sea igual a 3.84 o inferior. El intervalo de confianza obtenido de esta manera es asimétrico con respecto a \hat{N} , siendo el valor del límite inferior cercano a \hat{N} .

Método

Tanto en este apartado como en el siguiente se ha de diferenciar entre dos subestudios, aquel en el que se estimó la prevalencia de fumadores de 10 o más cigarrillos diarios a partir de una técnica de muestreo clásico, en concreto, la técnica de registro basada en la encuesta, y el de la aplicación del método de captura-recaptura. Es por ello, que la exposición que se realizará a continuación queda vertebrada a partir de la diferenciación entre estos dos subestudios.

Sujetos

Método de Captura-Recaptura

El número de alumnos de primer y segundo ciclo de la Universidad de Barcelona que se obtuvieron en la primera captura (fuente 1) fue un total de 111, en tanto que el número de alumnos capturados en la recaptura fue de 97. Estos alumnos formaban parte de la Facultad de Económicas, la Facultad de Psicología y la División V (Facultad de Pedagogía y Escuela Universitaria de Profesorado).

Técnica de encuesta

Tomando como población de referencia los datos de la memoria de la UB del curso académico 1996-97 se realizó un muestreo por conglomerados, siendo la unidad de muestreo el grupo en el que estaban matriculados los alumnos, y asignándose al azar el turno (mañana y tarde) y el ciclo (primero y segundo) el número

total de alumnos que pasaron la encuesta fue de 1859, que con un nivel de confianza del 95% y bajo el caso de la máxima indeterminación ($p = q = 0.5$) sitúa la precisión resultante en $\pm 2.27\%$. La obtención de esta muestra se enmarca dentro de un estudio sobre el voluntariado entre los estudiantes de la UB (Alonso et al 1998) pero para el caso que nos ocupa, estimación de la prevalencia de los fumadores de 10 o más cigarrillos diarios entre los alumnos de la UB se trabajó con un total de 570 alumnos correspondientes a las Facultades de Económicas, Psicología y Pedagogía y a la Escuela Universitaria de Profesorado, con el fin de poder realizar la comparación adecuada con el método de captura-recaptura, ya que en éste último sólo se disponía de datos de las facultades anteriormente mencionadas. Siete de los 570 alumnos no respondieron a la pregunta sobre el consumo de tabaco.

Procedimiento

Método de Captura-Recaptura

La secuencia seguida en la aplicación del método de captura-recaptura fue la siguiente, se obtuvieron dos muestras de estudiantes de primer y segundo ciclo de la UB del curso académico 1997-98, en dos momentos temporales, lo que constituyen las dos fuentes de datos del presente subestudio. Las capturas se realizaron en las máquinas expendedoras de tabaco que había en los servicios de bar-restaurante de la Facultad de Económicas y del campus Vall d'Hebron (Facultades de Psicología y Pedagogía y Escuela Universitaria de Profesorado).

La primera captura se realizó el 9 y el 11 de febrero en el campus de la Vall d'Hebron, el total de horas de registro fue de cuatro, dos por la mañana y dos por la tarde (de 10:15 a 11:15 los dos días y de 13:20 a 15:20 el primer día) y el 20 de febrero en el bar de la Facultad de Económicas durante dos horas por la mañana y dos horas por la tarde (de 10:35 a 12:35 y de 16:15 a 18:15). La segunda captura se realizó los días 20 y 22 de abril en el campus de la Vall d'Hebron y el día 24 de abril en la Facultad de Económicas siendo el número de horas de registro de cuatro para cada máquina expendedora de tabaco (dos por la mañana y dos por la tarde) en la misma franja horaria que para la primera captura.

Técnica de encuesta

La pasación de la encuesta sobre el estudio de voluntariado entre los estudiantes de primer y segundo ciclo de la UB se realizó entre el 9 de marzo y el 2 de abril de 1998. La pasación fue realizada por dos personas previamente entrenadas para este fin, que siguieron el procedimiento habitual de presentación y administración de instrucciones, previo contacto con los jefes de estudio de cada una de las facultades que determinaban los grupos en los que se realizaría la pasación de la encuesta en función del turno y ciclo que se habían seleccionado al azar. La última pregunta de esta encuesta hacía referencia al consumo de tabaco diario por parte de los estudiantes (para más información ver Alonso et al, 1998).

Resultados

Los análisis realizados para la obtención de la prevalencia a partir de los datos registrados en la encuesta sobre voluntariado se han llevado a cabo mediante el paquete de análisis de datos SPSS para Windows versión 8.0.

Método de Captura-Recaptura

En la tabla número dos se muestra la tabla de contingencia 2 x 2 a partir de la que se han obtenido las estimaciones puntuales y por intervalo de confianza de la prevalencia de los fumadores de 10 o más cigarrillos diarios entre los estudiantes de la UB según los diferentes procedimientos propuestos.

Los resultados obtenidos para el método de captura-recaptura a partir de los diferentes procedimientos propuestos se muestran en la tabla 3.

A partir de estos resultados se puede establecer que la prevalencia de universitarios fumadores de 10 o más cigarrillos diarios es de 12.35%, oscilando sus valores entre un 2.05% y un 22.66% con un nivel de confianza del 95% para la estimación máximo verosímil y para la estimación a partir del modelo logit (la estimación máximo verosímil del modelo log-lineal y la estimación a partir del modelo logit son exactamente iguales tal y como apuntaban Tilling y Sterne, 1999 en el caso de trabajar con dos fuentes y sin covariables). En tanto que estos valores se sitúan en un 10.49% oscilando entre 3.16% y 17.82% con un nivel de confianza del 95% para la estimación casi insesgada. Ahora bien la estimación del intervalo de confianza mediante el estadístico χ^2 de bondad de ajuste proporciona un intervalo de confianza más amplio, 5.74% a 28.43% con un nivel de confianza aproximado del 95% (valor de χ^2 del límite inferior igual a 3.8363 y valor de χ^2 del límite superior igual a 3.8394), estando el valor del límite inferior más cercano a la estimación puntual de la prevalencia y el superior más alejado.

Tabla 2
Tabla de contingencia 2 x 2 para los datos de fumadores

		Fuente 1	
		Sí	No
Fuente 2	Sí	5	92
	No	106	¿d?

Tabla 3
Tabla resumen de resultados para el método de captura recaptura, donde MLE es la estimación máximo verosímil, NUE es la estimación casi insesgada y Logit es la estimación a partir de modelos logit

Tipo de estimación	\hat{N} y $\text{Var}(\hat{N})$	Intervalo de Confianza (IC)	Prevalencia Puntual ¹	IC de la Prevalencia
MLE	2153.400 839998.272	357.032÷3949.768 1001 ÷ 4956*	0.1235	0.0205 ÷ 0.2266 0.0574 ÷ 0.2843*
NUE	1828.333 424753.778	550.939 ÷ 3105.727	0.1049	0.0316 ÷ 0.1782
Logit	2153.400	357.032 ÷ 3949.768	0.1235	0.0205 ÷ 0.2266

¹ El número de alumnos de primer y segundo ciclo de la UB matriculados en las Facultades de Económicas, Psicología y Pedagogía y en la Escuela Universitaria de Profesorado en el curso 1997-98 fue de un total de 17.430, dato que se ha utilizado para la estimación de la prevalencia a nivel puntual y a nivel de intervalo de confianza.

* La estimación de N en este intervalo de confianza se ha realizado a partir del estadístico χ^2 de bondad de ajuste, al igual que el intervalo de confianza de la estimación de la prevalencia, y que es igual para los tres procedimientos empleados en la estimación puntual de N y de la prevalencia.

Técnica de encuesta

La prevalencia de fumadores de 10 o más cigarrillos diarios entre los alumnos de primer y segundo ciclo de la UB es de 17.4%, oscilando sus valores entre un 14.27% y un 20.53% con un nivel de confianza del 95%.

Conclusiones y discusión

Una comparación de la estimación de la prevalencia estimada a partir de la técnica de muestreo clásico, dato obtenido mediante encuesta, y las estimaciones obtenidas a partir del método de captura-recaptura nos muestra una ligera diferencia en las estimaciones puntuales, siendo prácticamente de un 5% si se compara con la estimación máximo verosímil y la estimación a partir del modelo logit, en tanto que esta diferencia es casi del 7% si se compara con la estimación casi insesgada.

Por otra parte si nos basamos en los intervalos de confianza para realizar esta comparación se puede observar que ninguna de las estimaciones puntuales obtenidas por los tres procedimientos de cálculo en el método de captura-recaptura quedan incluidas en el intervalo de confianza obtenido a partir del método clásico de estimación de la prevalencia. Si la comparación se realiza a la inversa, si que se observa que la estimación puntual obtenida a partir del método clásico queda incluida en los diferentes intervalos de confianza obtenidos a partir del método de captura-recaptura, de todos modos, en este punto se ha de remarcar el hecho de que los intervalos de confianza obtenidos para este método son muy amplios, por lo que en realidad no son muy informativos.

En consecuencia no se puede llegar a la conclusión de que el método de captura-recaptura sea un procedimiento válido para la estimación de la prevalencia en poblaciones sumergidas; en todo caso a partir de nuestros datos se llegaría a la conclusión de que se está infraestimando la prevalencia. Ahora bien, esta conclusión no sería del todo adecuada debido a la limitación de nuestros datos, ya que tanto en el primer momento temporal como en el segundo el número de sujetos capturados es muy bajo y especialmente ello se da en el número de recapturas, ya que sólo 5 sujetos del total de 205 sujetos capturados en los dos momentos temporales están repetidos.

Por otra parte, tal y como señala el grupo International Working Group for Disease Monitoring and Forecasting (1995a), el método de captura-recaptura con sólo dos fuentes en epidemiología, no es del todo apropiado debido a la imposibilidad de tener en cuenta la posible dependencia entre las fuentes y la heterogeneidad de las probabilidades de captura. Aunque en este caso, se ha de señalar que las dos fuentes no están relacionadas, ya que pertenecen a dos momentos temporales distintos; pero no es posible determinar si las probabilidades de captura son homogéneas para todos los individuos del grupo a estudiar, quizá se debería aplicar el modelo logit (Tilling y Sterne, 1999) teniendo en cuenta diferentes covariables que permitieran eliminar la heterogeneidad de las probabilidades de captura en caso de que se diera.

Para finalizar, simplemente apuntar el hecho de que para poder realizar una correcta validación del método de captura-recaptura en la estimación de la prevalencia de diferentes trastornos se debería llevar a cabo un estudio con más de dos fuentes de recogida de datos, y más sujetos en cada una de las fuentes y así conseguir que el número de sujetos recapturados sea mayor al obtenido en el presente trabajo, con la finalidad última de obtener unas estimaciones más precisas. Por otra parte, también sería interesante recoger el estatus de los sujetos en otras variables con el fin de incluir estas variables en el análisis como covariables para solucionar el problema de la dependencia de las fuentes y de la heterogeneidad de las probabilidades de captura.

Referencias

- Alonso Varea, Josep Manuel; Anguera Argilaga, M^a Teresa; Freixa Blanchart, Montserrat; Guàrdia Olmos, Joan; Honrubia Serrano, M^a Luisa; Però Cebollero, Maribel; Rodríguez Carballeira, Álvaro; Rodríguez Roca, Josep; y Suelves Joanxich, Josep Ma (1998). *El voluntariat i els estudiants de la Universitat de Barcelona*. Barcelona: Fundació Solidaritat UB.
- Bishop, Ivonne M.M.; Fienberg, Stephen E.; y Holland, Paul W. (1975). *Discrete multivariate analysis. Theory and practice*. Cambridge MA: MIT Press.
- Bloor, Michael; Leyland, Alastair; Barnard, Marina; y McKeganey, Neil (1991). Estimating hidden populations: a new method of calculating the prevalence of drug-injecting and non-injecting female street prostitution. *British Journal of Addiction*, 86, 1477-1483.
- Domingo-Salvany, Antònia; Hartnoll, Richard L.; Maguire, Andrew; Suelves, Josep M.; y Antó J.M. (1995) Use of capture-recapture to estimate the prevalence of opiate addiction in Barcelona, Spain, 1989. *American Journal of Epidemiology*, 141 (6), 567-574.
- Domingo-Salvany, Antònia; Hartnoll, Richard L.; Maguire, Andrew; Brugal, M. Teresa; Albertín, Pilar; Caylà, Joan A.; Casabona, Jordi; y Suelves, Josep M. (1998). Analytical considerations in the use of capture-recapture to estimate prevalence: case studies of the estimation of opiate use in the metropolitan area of Barcelona, Spain. *American Journal of Epidemiology*, 148 (8), 732-740.
- Doscher, Mary-Lynn; y Woodward, J. Arthur (1983). Estimating the size of subpopulations of heroin users: applications of log-linear models to capture/recapture sampling. *The International Journal of the Addictions*, 18 (2), 167-182.
- Frischer, Martin; Bloor, Michael; Finlay, Andrew; Goldberg, David; Green, Stephen; Haw, Sally; McKeganey, Neil; y Platt, Stephen (1991). A new method of estimating prevalence of injecting drug use in an urban population: results from a scottish city. *International Journal of Epidemiology*, 20 (4), 997-1000.
- Frischer, Martin (1992). Estimated prevalence of injecting drug use in Glasgow. *British Journal of Addiction*, 87, 235-243.
- Hook, Ernest B.; Albright, Susan G.; y Cross, Philip K. (1980). Use of Bernoulli census and log-linear methods for estimating the prevalence of spina bifida in livebirths and the completeness of vital record reports in New York state. *American Journal of Epidemiology*, 112 (6), 750-758.
- Hook, Ernest B.; y Regal, Ronald R. (1992). The value of capture-recapture methods even for apparent exhaustive surveys. The need for adjustment for source of ascertainment intersection in attempted complete prevalence studies. *American Journal of Epidemiology*, 135 (9), 1.060-1.067.
- Hook, Ernest B.; y Regal, Ronald R. (1993). Effect of variation in probability of ascertainment by sources («variable catchability») upon «Capture-Recapture» estimates of prevalence. *American Journal of Epidemiology*, 137 (10), 1148-1166.
- Hook, Ernest B.; y Regal, Ronald R. (1995a). Capture-recapture methods in epidemiology: methods and limitations. *Epidemiologic Reviews*, 17 (2), 243-264.
- Hook, Ernest B.; y Regal, Ronald R. (1995b). Internal validity analysis: a method for adjusting capture-recapture estimates of prevalence. *American Journal of Epidemiology*, 142 (9 suppl.), S48-S52.
- Hook, Ernest B.; y Regal, Ronald R. (1997). Validity of methods for model selection, weighting for model uncertainty, and small sample adjustment in capture-recapture estimation. *American Journal of Epidemiology*, 145 (12), 1.138-1.144.
- International Working Group for Disease Monitoring and Forecasting (1995a). Capture-recapture multiple-record systems estimation I: History and theoretical development. *American Journal of Epidemiology*, 142 (10), 1.047-1.058.
- International Working Group for Disease Monitoring and Forecasting (1995b). Capture-recapture multiple-record systems estimation II: Application in human diseases. *American Journal of Epidemiology*, 142 (10), 1.059-1.068.
- LaPorte, Ronald E.; Tull, Eugene S.; y McCarty, Daniel (1992). Monitoring the incidence of myocardial infarctions: applications of capture-mark-recapture technology. *International Journal of Epidemiology*, 21, 258-263.
- LaPorte, Ronald E. (1994). Assessing the human condition: capture-recapture techniques. *British Medical Journal*, 308,5-6.
- LaPorte, Ronald E.; Dearwater, Stephen R.; Chang, Yue-Fang; Songer, Thomas J.; Aaron, Deborah J.; Anderson, Robyn L.; y Olsen, Todd (1995). Efficiency and accuracy of disease monitoring systems: application of capture-recapture methods to injury monitoring. *American Journal of Epidemiology*, 142 (10), 1.069-1.072.
- McCarty, Daniel J.; Tull, Eugene S.; Moy, Claudia S.; Kwok, C. Kent, y LaPorte, Ronald E. (1993). Ascertainment corrected rates: applications of capture-recapture methods. *International Journal of Epidemiology*, 22 (3), 559-565.
- Papoz, Laure; Balkau, Beverley; y Lellouch, Joseph (1996). Case counting in epidemiology: limitations of methods based on multiple data sources. *International Journal of Epidemiology*, 25 (3), 474-478.
- Regal, Ronald R.; y Hook, Ernest B. (1984). Goodness-of-fit based confidence intervals for estimates of the size of a closed population. *Statistics in Medicine*, 3, 287-291.
- Regal, Ronald R.; y Hook, Ernest B. (1991). The effects of model selection on confidence intervals for the size of a closed population. *Statistics in Medicine*, 10, 717-721.
- Simeone, Ronald S.; Nottingham, William T.; Holland, Lynn (1993). Estimating the size of a heroin-using population: an examination of the use of treatment admissions data. *The International Journal of the Addictions*, 28 (2), 107-128.
- Simondon, François; y Khodja, Hayet (1999). Capture-recapture method for estimating misclassification errors: application to the measurement of vaccine efficacy in randomized controlled trials. *International Journal of Epidemiology*, 28 (1), 113-116.
- Tilling, Kate; y Sterne, Jonathan A.C. (1999). Capture-recapture models including covariate effects. *American Journal of Epidemiology*, 149 (4), 392-400.