

## Cálculo de parámetros distribucionales y la función de Kullback-Liebler en redes de acceso público a la información de la República Argentina

Dario M. Goussal, María Sandra Udrizar Lezcano (\*)

### Antecedentes

La evaluación de impacto marginal de redes de telecentros comunitarios comparte las premisas metodológicas corrientemente usadas en sistemas nacionales de telecomunicaciones, tal como en los análisis de implantación y costo-beneficio para la denominada Obligación de Servicio Universal (USO). Los organismos competentes como la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT) han planteado la consideración de un objetivo más realista para el mundo en desarrollo, cual es la provisión de acceso a la información a nivel de todas las localidades de un país o región (Acceso Universal -UA) Ello supone para toda red de telecomunicaciones de alcance público el aseguramiento de tres principios directores: 1) Cobertura territorial. 2) Asequibilidad económica y 3) Equidad distribucional. Esta comunicación refiere a un estudio de caso de la tercera premisa.

El plan de "Centros Tecnológicos Comunitarios" (CTC) fue anunciado por la Secretaría de Comunicaciones de la Nación como parte del programa Argentina@Internet.todos" (Dto. 554/97). Se trata de un proyecto de conectividad pública en gran escala (1457 centros urbanos y rurales) donde el Estado aporta el equipamiento inicial -constituido por pequeñas redes LAN con 5 estaciones de trabajo y acceso a Internet-, a instituciones comunitarias locales que se comprometan a brindar servicios no comerciales, incluyendo el libre acceso a la información al público. Para este plan iniciado en 1999, se realizó una evaluación de parámetros de inequidad distribucional asociados al patrón de localización dentro de un estudio del tipo "cross-sectional" que compara la eficiencia de diversas redes de acceso público. Allí se postulan el cálculo de índices planos e incrementales de desbalance (Índices de Hoover y Gini) y de la función de entropía compuesta o divergencia de Kullback-Liebler para la comparación de vectores de cobertura y asignación de puntos de presencia en cada una de las distintas redes (Marsh & Schilling, 1994; Kluge, 1998).

### Métodos empleados

La teoría moderna de demanda de servicios de telecomunicaciones se diferencia del concepto neoclásico del consumo al reconocer la presencia distintiva de una red. Por lo tanto separa dos niveles distintos en la demanda de servicios: el acceso y el uso. Previo a hacer uso de un servicio, los individuos deben tener acceso a él, y ello conduce a la presencia de externalidades y masa crítica (Oren & Smith, 1981; Leff, 1984; Allen, 1986). En el modelo de dimensión óptima de red o de Artle-Averous (1973) se postulaba la maximización de Lagrange de funciones de bienestar y posibilidad de producción social, que evoluciona más tarde con las técnicas de maximización en dos etapas de Rohlfs (1974), Hausmann (1979) y Taylor (1994).

La consideración de un modelo polietápico de impacto marginal para sistemas de acceso público puede pues, aplicarse también a la evaluación de telecentros comunitarios y tal como se ha propuesto para la medición de efectos de uso de la red Internet (Press & Burkhart, 1999; Daly, 1999; Benjamin, 2000). En el caso de redes de telecentros comunitarios, en el GTR se ha considerado la evaluación de variables de impacto marginal en tres etapas progresivas, organizadas en un modelo ordinario de matriz de probabilidad condicional:

$$IM = K.P(a_{ij}) . P(u_{kl}) . P(d_m)$$

donde:

K es una constante vectorial y de escala,  $P(a_{ij})$  es la probabilidad que individuos del grupo social  $j$ -ésimo de la comunidad en la localización  $i$ -ésima tengan acceso a los recursos del telecentro a través de las opciones disponibles en el mismo;  $P(u_{kl})$  es la probabilidad que los individuos utilizando el conjunto  $k$ -ésimo de recursos disponibles en el punto de acceso público hagan uso de ellos dentro de un  $l$ -ésimo patrón real de uso (tiempo, experiencia- nivel personal de conocimientos y habilidades, sinergia, efectos de interacción mutua, etc); y finalmente  $P(d_m)$  es la probabilidad de cambios en la  $m$ -ésima variable del desarrollo como resultado del uso de la tecnología por los individuos en la forma bajo estudio (Goussal & Udrizar Lezcano, 2000).

De las tres etapas del modelo de evaluación:

- a) Acceso a los recursos de información y comunicación en la localización considerada
- b) Uso de los servicios provistos por el acceso público disponible.

---

(\*) Grupo de Investigación en Telecomunicaciones Rurales (GTR-UNNE)  
 Facultad de Ingeniería - UNNE. Av.Las Heras 727, CP.3500 Resistencia, Argentina.  
 URL: <<http://ing.unne.edu.ar/gtr.htm>> E-Mail: <[gtr@ing.unne.edu.ar](mailto:gtr@ing.unne.edu.ar)>  
 Tel: +54 3722 420076 Ext. 143 Fax: +54 3722 428106

Tabla 1. <i>Distribución evaluada (Desbalance Simétrico Plano)</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Indice de Hoover</i>
1. Localidades con emisoras de FM del Plan Nacional 1998	550	0.0787
2. Localidades con Bibliotecas Populares	814	0.0929
3. Localidades con acceso dial-up a Internet a tarifa de Clave 1 (C1)	544	0.1422
4. Estaciones locales de CATV en 1995	1.183	0.1598
5. Localidades con Centros Tecnológicos Comunitarios (CTC)	611	0.1747
6. Distribución de Emisoras de FM según el Plan Nacional 1998	2.284	0.1950
7. Distribución de Bibliotecas Populares del sistema CONABIP	1.930	0.1966
8. Distribución de Centros Tecnológicos Comunitarios (CTC)*	1.427	0.2906

Tabla 2. <i>Distribución evaluada (Inequidad de Cobertura)</i>	<i>Indice de Gini</i>	<i>Kullback-Liebler</i>
9. Localidades con CTC ó Bibliotecas Populares	0.0364	0.0247
10. Localidades con emisoras de FM del Plan Nacional 1998	0.0420	0.0240
11. Localidades con Bibliotecas Populares	0.0530	0.0374
12. Localidades con acceso dial-up a Internet a tarifa de Clave 1 (C1)	0.0934	0.0640
13. Localidades con acceso dial-up a Internet a tarifa reducida (0610)	0.1380	0.1030
14. Localidades con Centros Tecnológicos Comunitarios (CTC)	0.1410	0.0839

c) Cambios en variables específicas del desarrollo comunitario a resultados del patrón de uso observado.

el estudio de caso en Argentina ha enfocado por ahora la primera. Al tener los centros CTC todos la misma configuración y con el programa aún en fase de despliegue, se ha juzgado oportuno comenzar examinando solamente el patrón de localización. Para ello se efectuó un análisis de secciones cruzadas de tipo exhaustivo, mediante información de la nueva Base de Datos del Acceso Público a la Información implementada por el GTR. La técnica permite estimar la probable eficiencia relativa del plan CTC en relación a sistemas de índole similar de la misma área piloto atendiendo a los tres principios del Acceso Universal mencionados, de las cuales esta comunicación refiere en parte, parámetros del objetivo estratégico de Equidad Distribucional.

Como sistemas de acceso público de referencia se adoptaron: 1) Bibliotecas de la red CONABIP (Comisión Nacional de Bibliotecas Populares) 2) El Plan Nacional 1998 de Radiodifusión en Frecuencia Modulada-FM y (en forma complementaria) 3) Las estaciones de televisión por cable y antena comunitaria (CATV), por tratarse todos ellos de recursos de origen comunitario e índole comparable en el acceso a la información, con datos en gran medida verificables y similar orden de magnitud en cubrimiento geográfico y capilaridad. En la Fig. 1 se ilustra como ejemplo, el desbalance en la distribución de CTC respecto al del Plan 1998 de FM.

### Discusión de Resultados

La evaluación de Equidad Distribucional en relación a su localización geográfica del acceso se planteó en dos niveles (patrón de cubrimiento de localidades y patrón de asignación de sitios). Como unidad de asignación se tomaron las 1,615 localidades urbanas y 1,448 rurales de agrupamiento homogéneo enlistadas en el Censo Nacional de Población 1991, y como variable de asignación territorial, las provincias y el Area Multiple Gran Buenos Aires (AMBA). El análisis de desbalances se realizó primeramente evaluando un índice simétrico plano (Coeficiente de Hoover):

$$H = \frac{1}{2} \text{ABS} \sum_{i=1 \dots N} \left( y_i / y_T - h_i x_i / h_T x_T \right)$$

donde

$x_i$  = Total de localidades en la provincia  $i$

$x_T$  = Total de localidades

$y_i$  = Asignación de localidades cubiertas o puntos de acceso de un sistema determinado a la provincia  $i$

$y_T$  = Asignación total de localidades cubiertas o total de puntos de acceso disponibles.

$h_i$  = Factor de ponderación distribucional para la provincia  $i$

$h_T$  = Factor de ponderación distribucional promedio

Tabla 3. <i>Distribución evaluada (Inequidad de Asignación)</i>	<i>Indice de Gini</i>	<i>Kullback-Liebler</i>
15. Estaciones locales de CATV en 1995.	0.138	0.194
16. Distribución de Bibliotecas Populares+Centros CTC	0.187	0.356
17. Distribución de Emisoras de FM según el Plan Nacional 1998	0.191	0.358
18. Distribución de Bibliotecas Populares del sistema CONABIP	0.212	0.354
19. Distribución de Centros Tecnológicos Comunitarios (CTC)*	0.293	0.470

Se calcularon tres iteraciones de Hoover, utilizando distintos juegos de valores de  $h_i$  y  $h_T$ , donde las funciones de ponderación incluyen un factor poblacional de escala e índices combinados de prioridad (Ej. población provincial con NBI-Necesidades Basicas Insatisfechas, índices de escolaridad, desempleo, ranking social provincial, etc). En la tabla 1 se indican los valores obtenidos utilizando  $h_i = 1$  y  $h_T = 1$  (Lacunza, 1999). Posteriormente se evaluaron las distribuciones de CTC, bibliotecas populares y emisoras de FM con la curva de Lorenz  $g(\alpha)$  y un parámetro de desigualdad incremental (Índice de Gini):

$$G = 2 \int_0^1 [\alpha - g(\alpha)] d\alpha$$

Finalmente, se dispuso la evaluación de una función de entropía compuesta, usada en ocasiones en la teoría de la información para el cálculo de redundancias (función de divergencia de Kullback-Liebler):

$$KL_{(p, q)} = \int_w [p(w) \ln p(w)/q(w)] dw$$

con la función de desbalance simétrico  $p(w) = (y_{i,j}/y_{T,j} - x_{i,j}/x_{T,j})$  para la evaluación de la distribución de los items  $i, j$  compartiendo las mismas consideraciones descriptas para el coeficiente de Hoover. Para el caso presente, la expresión discreta utilizada es:

$$KL_{(i, T)} = 1/2 \sum_{i=1...N} [p(w) \ln (y_i/x_i)]$$

A diferencia de los otros parámetros, la función de entropía compuesta de Kullback-Liebler permite analizar también distribuciones de tipo multilateral, aunque por razones de brevedad aquí no se han representado las mismas. Sin embargo se incluye el cálculo de Índice de Gini para la superposición de las distribuciones CTC +Bibliotecas populares) donde claramente la equidad distribucional del conjunto toma un valor mejor que las individuales de ambos sistemas, con la asignación de CTC apareciendo bastante más desigual que la de las bibliotecas populares.

Los resultados hallados y los patrones de cubrimiento de localidades por provincia respectivamente de los 1.615 aglomerados urbanos contemplados por el Censo Nacional 1991 se disponen en la Tabla 2, y aquellos correspondientes al patrón de asignación de sitios para cada sistema, en la Tabla 3. Finalmente, la Fig. 2 compara las dos distribuciones (bibliotecas y CTC) en localidades de todos los tamaños. Allí se nota la diferencia en los vectores de asignación de telecentros CTC, mucho más concentrados en ciudades grandes.

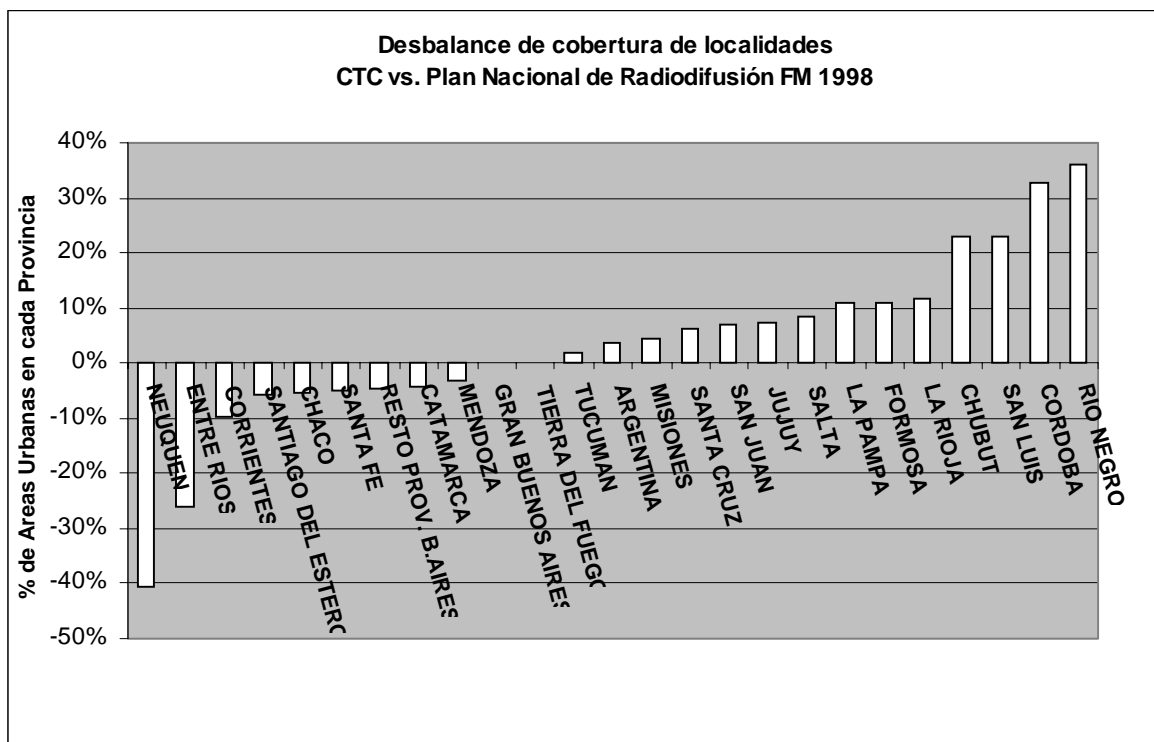


Fig. 1

### Distribución de Sitios de Acceso Público por Tamaño de las Comunidades Sede

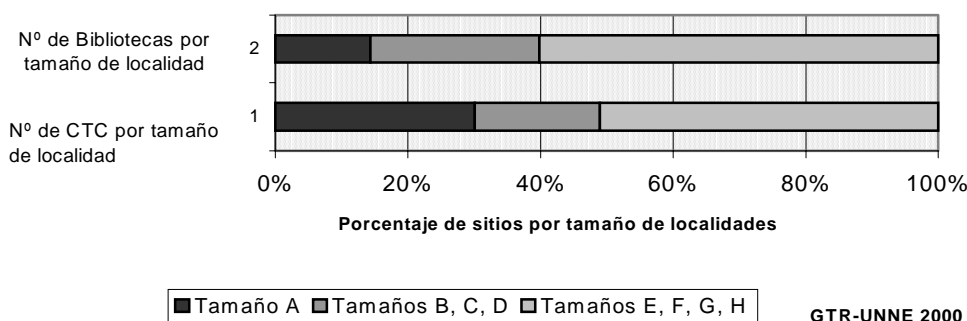


Fig. 2

### Conclusiones

Tomando como unidad de asignación las 23 provincias y el Gran Buenos Aires, la distribución paramétrica de cubrimiento de localidades indica que el sistema de acceso público más equitativamente asignado del país es el Plan 1998 de Radiodifusión de FM, pese a cubrir solamente 550 puntos urbanos homogéneos. Opuesto resultado presenta el cubrimiento de localidades del plan CTC, que cubre por ejemplo un 67 % de las mas de 200 areas urbanas de Córdoba y solo un 15 % de las 46 de Catamarca. La misma tendencia del plan CTC se observa con respecto a la alta concentración de sitios en grandes ciudades (el 30% de los centros se halla en 3 ciudades de mas de 1 millón de habitantes contra sólo un 14 % de las bibliotecas populares).

Es así como se han asignado 198 CTC sólo para *una* ciudad (Córdoba), más de los que alcanzan en conjunto todas las localidades de *diez* provincias, siendo que obviamente el impacto marginal de los telecentros es menor en grandes areas urbanas por la variedad de alternativas de acceso allí existentes y por el mayor grado de exposición promedio a la tecnología por parte de la población. Ciertas provincias con baja asignación de telecentros (Catamarca, Santiago, Chaco, etc) presentan también altas NBI y escaso PBI per capita con lo cual si se asignan factores de ponderación  $h_i$  distintos de 1 para mejorar el realismo del modelo, automáticamente se ampliaría el desbalance de Hoover del plan CTC. La divergencia de Kullback-Liebler, más responsiva a cambios en la parte baja de la escala precisará mejor el efecto de pequeños avances, como las expansiones en la cobertura focal de acceso en nuevas localidades por eventuales posteriores proyectos de Acceso Universal.

### Referencias

- Allen, David: *Network Externalities and Critical Mass in New Telecommunications Services*. Proc. 6th. International Conference of Forecasting and Analysis for Business Planning. Tokyo, Japan. 1986.
- Artle, R. & Averous, C. *The Telephone System as a Public Good: Static and Dynamic Aspects*. Bell Journal of Economics and Management Science, Vol. 4 N°1. USA, 1973.
- Daly, John A. *A conceptual framework for the study of the impacts of the Internet*. IFC- International Finance Corporation Working Papers. Washington DC., USA 1999.
- Goussal, D.M. & Udrizar Lezcano, M.S. *Location and Marginal Impact of Multipurpose Community Telecentres: a Critical Analysis*. Proc. XIII ITS Biennial Conference- International Telecommunications Society (ITS). Buenos Aires, Argentina 7/2000.
- Hausmann, Jerry. *A two-level electricity demand model*. Journal of Econometrics. Vol.10 N°3 USA, 1979
- Kluge, G. *Wealth and People: Inequality Measures*. Munich, Germany 1998.
- Leff, N.H. *Externalities, Information costs and Social Benefit Cost Analysis for Economic Development*. Economic Development Cultural Change. Vol. 32 N°2. The University of Chicago Press. USA, 1984.
- Marsh, M. & Schiling, D. *Equity measurement in facility location analysis (a review and framework)*, European Journal of Operational Research, 7(1):1-17, 4/1994.
- Oren, S. and Smith, S.A. *Critical Mass and Tariff Structure in Electronic Communications Markets*. Bell Journal of Economics. Vol 12, N°2. USA, 1981.
- Press, L.; Burkhart, G. Foster, W. Goodman, S.; Tan, A. & Woodward, J. *An Internet diffusion study*. Charles Sturt University. Australia, 1999.
- Rohlf, J. *A Theory of Interdependent Demand for a Communications Service*. Bell Journal of Economics and Management Science. Vol. 5 N°1. USA, 1974.
- Taylor, L. *Telecommunications Demand in Theory and Practice* 2nd. Ed. Kluwer Ac.P. USA, 1994.