

Estimación de algunos impactos y determinantes del Uso de la Tecnología en los Censos de Población de América Latina y el Caribe

Agosto, 2012

Janine T. Perfit ¹
Mariko Russell
Gilberto A. Moncada
Jorge E. Muñoz Ayala

Resumen

Este documento presenta los resultados de una revisión extensa de información sobre el uso de la tecnología en los censos de población de América Latina y el Caribe. A partir de una tipología tecnológica, se clasificaron las tecnologías utilizadas en los censos de la región y se muestra como ha sido su evolución desde la ronda de censos de 1990. Esta tipología también se utilizó en la estimación del costo promedio per cápita de los censos, y sirvió para estimar la dinámica de éste y de sus cambios estructurales. Los determinantes del cambio tecnológico y del proceso de selección de la tecnología sugieren que los Institutos Nacionales de Estadística actúan bajo la racionalidad económica de minimización de costos cuando tienen que decidir que tecnología utilizar. Se reunió evidencia que muestra como la tecnología de Dispositivos Móviles de Captura tiene impactos en los costos censales y en la productividad de la mano de obra. Se espera que durante la ronda de 2010 el cambio tecnológico se propague significativamente en la región.

1. Introducción

La mayor parte de los países en América Latina y el Caribe suele emprender sus censos de población y de vivienda durante el primer lustro de cada década. Este también parece ser el caso de la ronda de censos de 2010 (RC10), la cual, según información preliminar de los Institutos Nacionales de Estadística (INE) de la región, ya se habría cumplido en la mitad de los países a finales de 2010².

¹ Todos los autores hacen parte del Grupo Estadístico (IFD/ICS) del Banco Interamericano de Desarrollo, Janine Perfit es especialista líder (IFD/ICS), Mariko Russell (IFD/ICS) y Gilberto Moncada (ICS/CBO) son especialistas senior y Jorge Enrique Muñoz Ayala es consultor (IFD/ICS).

² Antes de 2010 solo se habían hecho 3 censos dentro de la ronda de 2010: Colombia (2005), El Salvador (2007) y Perú (2007). La aparición tan temprana de estos censos dentro de la ronda se debió al largo periodo intercensal transcurrido desde el levantamiento del último censo y a la ausencia de éste durante la ronda de 2000 (RC00).

Un aspecto destacado dentro de la primera mitad de la ronda 2010 ha sido la aparición de un nuevo paquete tecnológico para la captura de los datos censales. La introducción de los llamados Dispositivos Móviles de Captura (DMC) ha comenzado a desplazar la utilización de los formularios hechos en papel (tecnología análoga) por la utilización de los formularios electrónicos (tecnología digital) en algunos censos de la región. Las primeras experiencias se encuentran en Brasil, Colombia, México y Perú, países que han sido pioneros en el uso de los DMC dentro de las investigaciones masivas a hogares como lo son los censos de población y las encuestas de hogares.

Mucho se ha dicho sobre las razones que han conducido a los INE a adoptar el uso de los DMC dentro de los censos de población; pero poca, desafortunadamente, ha sido la evidencia que respalde su uso. Por el momento, lo único que se puede advertir dentro de la región, es que el proceso de transición tecnológica ha sido gradual a partir de la ronda de 2010.

Bien se sabe que todo cambio tecnológico implica un ajuste dentro de cualquier proceso productivo, el cual, muchas veces, puede generar altos costos de entrada e impactos negativos en el nivel de producción. Lo mismo ocurre con la introducción de una nueva tecnología en los censos de población, ya que ésta, eventualmente, podría afectar la producción censal de no contarse con las medidas de contingencia adecuadas y de un completo programa de capacitación y entrenamiento del personal. Adicionalmente, la nueva tecnología podría demandar nuevos recursos, necesarios para la adquisición de equipos y el ajuste de la infraestructura tecnológica del país para su correcta utilización.

Dentro del cambio tecnológico en los censos también se deben considerar aspectos metodológicos y logísticos. En efecto, varios INE han reconocido las bondades y retos metodológicos que implica la utilización de los DMC en los censos, ya que el uso de los mismos puede tener impactos tan profundos, que alcanzan incluso la propia filosofía de los mismos. Por ejemplo, para adoptar los DMC en las operaciones censales, algunos países se han visto en la necesidad de hacer un censo *De Jure* en lugar de un censo *De Hecho*³, decisión que requiere de un consenso metodológico nacional para que finalmente ésta sea adoptada⁴. Es

³ En los censos *De Hecho* se incorpora la información de toda la población presente en el hogar empadronado en el momento censal; mientras que en los censos *De Jure* solo se registra la información de los miembros habituales del hogar empadronado tanto de los ausentes como de los ausentes en el momento censal.

⁴ La razón por la cual la utilización de los DMC en los censos de población implica la realización de un censo *De Jure* se debe a que la sustitución de la tecnología análoga por la digital no ocurre de manera lineal, especialmente en los países más poblados. Esto ocurre básicamente por los costos de entrada que implicaría sustituir uno a uno la tecnología análoga por la digital, ya que se requerirían grandes cantidades de dispositivos que harían prácticamente inviable la operación censal. Por esta razón, y debido a la restricción de recursos en los países de la región, la realización del censo con DMC implica que los

probable que estas tensiones expliquen parte de las razones que motivan a los INE a incorporar nuevas tecnologías en sus censos; no obstante, siempre está la posibilidad de continuar por el camino recorrido y evitar riesgos adicionales, decisión que también es metodológicamente legítima.

Por otro lado, y desde una perspectiva más aplicada a la operación censal, algunas veces se menciona que la tecnología de DMC permite reducir los costos del trabajo de campo al reducir los requerimientos de mano de obra y el uso de grandes cantidades de papel y tinta. De igual forma, se presume que el costo por pregunta en el cuestionario censal es menor en la versión digital, lo que a su vez permite incorporar más preguntas y la posibilidad de indagar por un mayor número de fenómenos socioeconómicos y demográficos.

Otras veces se ha señalado que con la tecnología de DMC los enumeradores tienen un mejor desenvolvimiento durante la entrevista, el cual facilita su tarea, mejora la calidad de la información recolectada y reduce los tiempos de la entrevista. Igualmente, como toda la información recolectada se almacena en los DMC durante la entrevista, la validación y crítica de los datos se automatiza en un solo paso, y el antiguo proceso de digitación de los formularios se suprime, trayendo como consecuencia, una reducción considerable en los tiempos de publicación de los resultados finales del censo y mejoras sustanciales en la calidad de los mismos.

A grandes rasgos, estas son las razones que explican la aparición y transición tecnológica hacia cuestionarios electrónicos dentro de los países de la región; no obstante, y como ya se dijo, ninguno de estos impactos tecnológicos cuenta con evidencia empírica que los respalde en un contexto más amplio en el que puedan compararse todas las opciones tecnológicas. En la actualidad, la única evidencia que existe es la que proviene de los mismos países y que se basa en su propia experiencia en particular.

Este artículo pretende llenar un poco este vacío de información mediante la documentación de algunos impactos que ha traído el cambio tecnológico sobre los censos de población en la región. Para ello, se llevó a cabo una recolección exhaustiva de información, que incluyó la aplicación de una encuesta a varias instituciones de estadística responsables de los censos de población en los países y una revisión amplia de documentos de los INE disponibles en la web.

Este documento se compone de cuatro secciones incluida esta introducción, en la segunda se presenta la metodología que utilizamos para clasificar las tecnologías dentro de una sola tipología ajustada a los censos de población, y

países consideren realizar censos *De Jure*, en tanto que éstos hacen más factible la posibilidad de empadronar la población durante un periodo de tiempo más largo.

describe la metodología utilizada para estimar el costo promedio per cápita de los censos en la región, su dinámica y sus cambios estructurales. Los modelos para estimar los determinantes del cambio tecnológico, el proceso de elección de la tecnología y el costo marginal por pregunta del cuestionario censal aparecen en la misma sección. La tercera parte muestra los resultados encontrados y la cuarta compila las conclusiones más relevantes.

2. Metodología

2.1 Tipología Tecnológica en los Censos de Población de la Región

En un reciente reporte técnico de la División de Estadísticas de las Naciones Unidas, el proceso de captura de datos (PCD) en los Censos se define como “*el sistema utilizado para convertir la información obtenida en el Censo a un formato que pueda ser leído por un computador*”⁵. De acuerdo con esta definición, el término *sistema* se refiere específicamente a la tecnología empleada para la recolección y sistematización de la información recolectada en los censos. A este tipo de tecnologías se les conoce como Tecnologías de Captura de Datos (TCD).

Independientemente si el censo es *De Hecho* o *De Jure*, típicamente dentro de cualquier operativo censal existen tres etapas en las que las TCD hacen su aparición: *i)* Selección de Unidades Geográficas y Asignación de Sitios de Entrevista, *ii)* Registro de Información en la Entrevista, y *iii)* Almacenamiento de la Información. Estas tres etapas están ligadas entre sí, y conforman todo el PCD del operativo desde su inicio hasta el final. El siguiente esquema de operación permite identificar más claramente cada una de estas tres etapas:

PCD - Etapa 1: Una vez se ha definido el lugar geográfico que va a ser censado, comienza la etapa de ubicación de las unidades censales dentro de un plano cartográfico. Para ello, dichas unidades, normalmente viviendas, se les asigna una única coordenada, la cual debe ser trasladada a un mapa para que esta unidad quede unívocamente georeferenciada. La tecnología que se utiliza para ubicar las unidades censales en el espacio geográfico constituye entonces la TCD que se utiliza en esta etapa. En América Latina y el Caribe la TCD más utilizada en esta etapa del PCD ha sido la *cartografía en formato análogo* (ó mapas en papel).

PCD - Etapa 2: Una vez la ubicación geográfica de la unidad censal es entregada al enumerador, éste tiene la tarea de llegar al sitio asignado y llevar a cabo la entrevista. El enumerador es la persona que registra toda la información del

⁵ Traducción nuestra de “*Data capture in census is the system used to convert the information obtained in the census to a format that can be interpreted by a computer*”; en UN, Statistic Division “*Census Data Capture Methodology. Technical Report*”, New York, September 2009.

hogar en el cuestionario censal. Una TCD muy común en esta etapa es la utilización de *lápiz y papel* para hacer el registro de la información.

PCD - Etapa 3: Luego de que la información en el cuestionario censal es verificada y criticada, dicha información entra a la etapa de almacenamiento, etapa en la que la información registrada es *encriptada* en una base de datos. La TCD más popular en esta etapa es la *tabulación manual* en un computador.

Con el paso del tiempo las TCDs se han transformado y evolucionado. Un punto de notable desarrollo se dio con la aparición comercial de la computadora a mediados del siglo pasado. Desde ese momento los censos en países densamente poblados mejoraron sustancialmente en términos de precisión, cobertura y comprensión temática. El avance de las computadoras impulsó también el de las tecnologías de información y de las comunicaciones -TICs-, lo que en conjunto impactó significativamente en el desarrollo e introducción de nuevas TCDs. El cuadro 1 muestra la tipología que utilizaremos en este documento para clasificar las TCDs en la región.

Como se observa, la tipología de primera generación se compone en su totalidad por el uso de tecnología análoga, esto es, por el uso de mapas (*cartografía de aproximación*) y cuestionarios en papel, mientras la *encriptación* de la información recogida en la papeleta censal se hace mediante digitación manual. La tecnología de segunda generación introduce la llamada *cartografía de precisión*, la cual generalmente utiliza imágenes satelitales y aerofotografías, las cuales pueden ser digitalizadas y geo-referenciadas para formar la carta cartográfica censal. Esta tecnología tiene la ventaja de que la información puede leerse a través de dispositivos de posicionamiento global (GPS). Por otro lado, en cuanto al registro y almacenamiento de los datos, la tecnología de segunda generación utiliza papel y lápiz para el relleno de la boleta censal, con la diferencia de que el papel debe cumplir ciertos estándares de calidad para que éste pueda ser leído correctamente por las máquinas de escáner durante la etapa de almacenamiento de los datos.

Cuadro 1

Tipología de TCD en Censos			
TCDs	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Primera Generación	Cartografía Análoga	Lápiz y Papel	Tabulación Manual
Segunda Generación	Cartografía Digital - GPS	Lápiz y Papel	Lector Óptico - Escáners (e.g. KFI/OMR/OCR/ICR)
Tercera Generación	Cartografía y Cuestionarios Digitales incorporados en DMCs - GPS		
Cuarta Generación	Cartografía Digital + Autoempadronamiento		
DMC (Dispositivos Móviles de Captura): PDAs, Netbooks, Smartphones.			
GPS (Global Positioning System)			

Por su parte, la tecnología de tercera generación reúne las tres etapas en un solo dispositivo electrónico, el cual se conoce como Dispositivo Móvil de Captura (DMC). En estos dispositivos se puede incorporar tanto la cartografía como el cuestionario de manera digital y algunos de ellos pueden incluir otras facilidades como dispositivos de GPS. Esta tecnología tiene la ventaja de que el almacenamiento de los datos ocurre en el mismo momento en que el encuestador realiza la entrevista. Por último, la tecnología de cuarta generación, hace uso de la cartografía digital para la ubicación de todas las unidades censales, mientras que la etapa de entrevista y recolección de información se hace mediante Internet a través de un proceso que se conoce como *auto-empadronamiento*. Hasta el momento no se ha documentado alguna experiencia masiva de *auto-empadronamiento* en los censos de población de la región.

2.2 Estimación del Costo Censal en la Región

Suponiendo igualdad de costos en mano de obra, expresaremos el costo total de los censos en los países de la región (C) como una función de la tecnología utilizada en el operativo censal (T) y del tamaño de la población que será censada (P), en símbolos:

$$C_{it} = f(T_{it}, P_{it}), \quad t=1,..n, \quad i=1,...k$$

Siguiendo un modelo multiplicativo, esta ecuación se simplifica si se considera el costo per cápita en lugar del costo total, de esta forma diremos que el costo per cápita del censo en los países de la región (c) dependerá exclusivamente del tipo de tecnología utilizada en el relevamiento, esto es,

$$c_{it} = f(T_{it}), \quad t=1,..n, \quad i=1,...k$$

El costo promedio censal en la región lo definimos en función de la tecnología utilizada de la siguiente forma,

$$c_t = \sum_j \lambda_j N_{jt} \quad (1)$$

Donde N_{jt} ($j=1, 2, 3$) representa el número de países que utilizaron la tecnología de primera, segunda y tercera generación en el periodo t respectivamente. Los valores λ_j corresponden a los ponderadores que hemos definido como el costo promedio de la tecnología j en la ronda de censos de 2000 (RC00). Hemos utilizado esta ronda debido a que fue la única que contaba con mayor cantidad de información referente a los costos censales en los países. Para aquellos donde no se obtuvo información en esta ronda, se extrapoló la información disponible de otras rondas siempre y cuando la tecnología se hubiera mantenido constante

entre ronda y ronda.⁶ Toda la información se expresó en dólares de los Estados Unidos para el año base 2000. Por otro lado, como la aparición de la tecnología de tercera generación en la región se dio en Colombia (2005) y Brasil (2010), los costos de éstos censos también se extrapolaron al año 2000. Los valores para λ_j se computaron de la siguiente forma:

$$\lambda_j = \Sigma_i c_{ji} / N_{j(t=2000)}, \quad j=1, 2, 3; \quad i=1, \dots, k$$

Al reemplazarse los valores λ_j en la ecuación (1), el costo per cápita del censo en la región queda expresado en precios constantes del año 2000, lo cual facilita la comparación temporal y la identificación de los cambios estructurales más significativos que ocurrieron en materia tecnológica dentro de los censos de la región. El mapa de costos y cambios estructurales observados se identificó a través de una *matriz de transición* que utiliza la información de los países con relación a la TCD utilizada en las rondas de 1990, 2000 y 2010. Las filas de esta matriz corresponde a los países (i) y las columnas al periodo de tiempo analizado ($t=1985, \dots, 2014$); los valores de la matriz se refieren a la tecnología j ($j=1, 2, 3$) utilizada en el país i , en el periodo t .

Matriz de Transición

	$t \dots$	
i	j	\dots
\vdots	\vdots	\ddots

2.3 Determinantes del cambio tecnológico en los Censos de Población

Los determinantes del cambio tecnológico en los censos de la región se midieron a través de un modelo probabilístico definido a través de la formulación de variables latentes:

$$y_i^* = \beta^T x + u_i$$

donde y_i^* es una variable latente no observable que representa el cambio tecnológico en los censos de población, mientras que u_i es una perturbación aleatoria idéntica e independientemente distribuida con una función acumulativa Φ y cuyo $E(u_i)=0 \quad \forall i$. Definimos ahora una variable dicótoma que sigue la siguiente regla:

⁶ En la extrapolación se utilizó la inflación de los países y la variación de sus tasas de cambio.

$y_i = 1$ si $y_i^* = \text{Hubo cambio tecnológico en el censo del país } i$

$y_i = 0$ si $y_i^* = \text{No hubo cambio tecnológico en el censo del país } i$

por lo que ahora podremos estimar la probabilidad de que ocurra el cambio tecnológico mediante la expresión:

$$\text{Prob}[y=1|x] = \Phi(x^T\beta) \quad (2)$$

y la probabilidad de que no ocurra mediante:

$$\text{Prob}[y=0|x] = 1 - \Phi(x^T\beta)$$

En esta ecuación β representa el vector de parámetros que acompaña al vector de variables explicativas x , las cuales determinaran la ocurrencia del cambio tecnológico en los censos. Finalmente $\Phi(\cdot)$ la definimos como la función de distribución normal acumulativa, por lo que el modelo que será estimado será un modelo *probit*. Los cambios marginales en este modelo reflejarán el efecto que ejercen las variables explicativas sobre la probabilidad de que ocurra el cambio tecnológico en los censos, y vienen dados por la expresión,

$$\frac{\partial \text{Prob}[y=1|x]}{\partial x_j} = \frac{\partial \Phi(x^T\beta)}{\partial x_j} = \phi(x^T\beta)\beta_j$$

donde ϕ es la función de densidad normal evaluada en el punto $x^T\beta$.

Por último, a través de la estimación de la probabilidad de que ocurra el cambio tecnológico, se derivó un estimador de la *aversión al riesgo* que tienen los INE por introducir nuevas tecnologías dentro de sus operaciones censales. Para ello se parte por definir el incremento esperado del cambio tecnológico en la ronda de 2010 como,

$$\Delta E(y^*|x,z) = \text{Prob}[y=1|z] - \text{Prob}[y=1|x] = \Phi(z^T\beta) - \Phi(x^T\beta)$$

donde z corresponde al vector de medias de los determinantes del cambio tecnológico pero medidos en la ronda de 2010. Esta diferencia esperada se comparará con el cambio tecnológico observado en la ronda de 2010, que viene dado por,

$$\Delta y^* = (1/k) \cdot \sum_i y_i^{r00} - (1/k) \cdot \sum_i y_i^{r10}$$

en este sentido, el estimador de la aversión al riesgo de los INE al cambio tecnológico esta dado por la siguiente expresión,

$$\rho = \Delta y^* - \Delta E(y^* | x, z)$$

este estimador será menor que cero si el INE representativo fue averso al riesgo ($\rho < 0$), igual a cero si fue neutral al riesgo ($\rho = 0$) y mayor que cero si fue amante al riesgo por el cambio tecnológico en su operación censal ($\rho > 0$).

2.4 Determinantes de la elección de la tecnología en los Censos de Población

Los determinantes de la elección de la tecnología en los censos de población se identificaron con un modelo *logit multinomial*. Utilizando una muestra de países de corte transversal, este modelo permite identificar los factores que explican la elección que hacen los INE a través de la estimación de la *probabilidad de elección* de las tecnologías evaluadas. Asimismo, este modelo permite estimar la magnitud y dirección del cambio marginal que ejerce cada uno de los determinantes sobre dicha *probabilidad de elección*. Para ello, partimos por suponer que los INE tienen que elegir entre tres tipos de tecnología:

$$y = \begin{cases} 1 & \text{si el INE elige la tecnología de primera generación} \\ 2 & \text{si el INE elige la tecnología de segunda generación} \\ 3 & \text{si el INE elige la tecnología de tercera generación} \end{cases}$$

De esta forma, a partir de la formulación de tres variables latentes, las cuales se pueden interpretar en términos de la *utilidad* que le genera al INE representativo la elección de una tecnología en particular, se definieron las siguientes ecuaciones para un portafolio de tres tecnologías:

$$\begin{aligned} V_1 &= \gamma_1 z + \varepsilon_1 && (\text{Utilidad por elegir la tecnología de primera generación}) \\ V_2 &= \gamma_2 z + \varepsilon_2 && (\text{Utilidad por elegir la tecnología de segunda generación}) \\ V_3 &= \gamma_3 z + \varepsilon_3 && (\text{Utilidad por elegir la tecnología de tercera generación}) \end{aligned}$$

Donde z representa el vector de variables que explican la elección de la tecnología j y γ_j ($j=1,2,3$) el vector de parámetros que lo acompaña. Estos parámetros reflejan el cambio marginal sobre la utilidad que le genera al INE cada una de las tres tecnologías consideradas. Estas ecuaciones permiten conceptualizar el problema de una manera más simple y directa, ya que $y = 1$ será escogida por el INE si y solo si $V_1 > V_2$ y $V_1 > V_3$, $y=2$ será escogida si y solo si $V_2 > V_1$ y $V_2 > V_3$, y finalmente $y=3$ será escogida si y solo si $V_3 > V_1$ y $V_3 > V_2$. Con el

fin de identificar los parámetros del modelo es necesario elegir una tecnología base, la cual puede ser por ejemplo $y=3$, por lo que en este caso el modelo en términos de las variables latentes queda redefinido de la siguiente manera:

$$y_1^* = V_1 - V_3 = \pi_1^T z + u_1$$

$$y_2^* = V_2 - V_3 = \pi_2^T z + u_2$$

donde $\pi_1 = \gamma_1 - \gamma_3$, $\pi_2 = \gamma_2 - \gamma_3$, $u_1 = \varepsilon_1 - \varepsilon_3$ y $u_2 = \varepsilon_2 - \varepsilon_3$. De acuerdo con este modelo, se deduce que $y=1$ será escogida si y solo si $y_1^* > 0$ y $y_1^* > y_2^*$, y las probabilidades de elección se pueden estimar de la siguiente forma:

$$\text{Prob}(y=j | z) = \exp(\pi_j^T z) / (1 + \exp(\pi_1^T z) + \exp(\pi_2^T z)), \forall j = 1, 2 \quad (3)$$

$$\text{Prob}(y=3 | z) = 1 / (1 + \exp(\pi_1^T z) + \exp(\pi_2^T z))$$

Finalmente, el cambio marginal ejercido por cada uno de los determinantes sobre la probabilidad de elección se obtiene a partir de:

$$\partial P(y=j | z) / \partial z_k = P(y=j | z) \cdot (\pi_{jk} - (P(y=j | z) \cdot \pi_{1k} + P(y=j | z) \cdot \pi_{2k})), \forall j = 1, 2$$

y su elasticidad por:

$$(\partial P(y=j | z) / \partial z_k) \cdot (z_k / P(y=j | z)) = z_k (\pi_{jk} - (P(y=j | z) \cdot \pi_{1k} + P(y=j | z) \cdot \pi_{2k})), \forall j = 1, 2$$

Tanto los cambios marginales como las elasticidades serán medidos sobre la media de las variables explicativas.

2.5 Algunos impactos de la Tecnología en Costos y en Productividad

La estimación del impacto del número de preguntas de la boleta censal sobre el costo censal para cada una de las tecnología evaluadas se hizo a través de la estimación del costo marginal por pregunta. Para ello, se estimó una regresión con una muestra de corte transversal de los costos y el número de preguntas incluidas en las boletas censales de la ronda 2000. La siguiente expresión resume el planteamiento empírico:

$$c_{i00} = g(T_{i00}, q_{i00}), \quad i=1, \dots, k$$

donde g representa una función lineal entre la tecnología utilizada (T) y el número de preguntas incluidas en la boleta censal (q) del país i durante la ronda de 2000. Nuevamente, se utilizó la información de Colombia (2005) y Brasil

(2010) a precios de 2000 con el fin de disponer de una estimación del costo marginal para todo el portafolio tecnológico. La ecuación que se estimó tiene la siguiente forma:

$$\log_e(c_{i00}) = \alpha_{00} + \sum_j \omega_j D_{ij} q_i + \mu_{i00}; \quad i=1, \dots, k, \text{ y } j=1, 2, 3 \quad (4)$$

en esta ecuación, D representa el uso de una determinada tecnología, la cual definimos a través de una variable dummy que toma el valor de 1 si la tecnología es j y cero en otro caso. Los coeficientes ω_j , son los parámetros del modelo sobre el cual asumimos los supuestos clásicos aplicados al término de error μ_{i00} . En este sentido, el costo marginal de una pregunta adicional utilizando la tecnología j estará dado por la siguiente expresión,

$$\partial E(\log_e(c_{i00}) | D_{ij}=1) / \partial q_i = [\partial E(c_{i00} | D_{ij}=1) / \partial q_i] \cdot [1 / E(c_{i00} | D_{ij}=1)] = \omega_j, \quad \forall j$$

la elasticidad costo-pregunta por,

$$\xi_{c/q} = [1/k \sum_i q_i] \cdot \omega_j, \quad \forall j$$

y la tasa diferencial del costo censal explicada por la tecnología y el número de preguntas del cuestionario censal viene dada por,

$$E_q(\log_e(c_{i00}) | D_{ij}=1) - E_q(\log_e(c_{i00}) | D_{im}=1) = \Delta \% E_q[c_{i00}(j) - c_{i00}(m)] = q_i \cdot (\omega_j - \omega_m)$$

Por último, la productividad de la mano de obra en los censos de población fue modelada a través de la siguiente expresión,

$$L_{i00} = h(T_{i00}, P_{i00}), \quad i=1, \dots, k$$

donde L representa la mano de obra utilizada en el censo; h es una función de la tecnología y el tamaño de la población censada en el censo del país i durante la ronda de 2000. La ecuación que se estimó fue la siguiente,

$$\log_e(L_{i00}) = \varphi_{00} + \sum_j \varphi_j D_{ij} P_i + e_{i00}; \quad i=1, \dots, k, \text{ y } j=1, 2, 3 \quad (5)$$

En esta ecuación los parámetros φ_j representan la semielasticidad de la mano de obra debida a cambios en el tamaño de la población, los cuales se interpretan directamente como el incremento porcentual en la mano de obra por cada persona adicional censada. El término e_{i00} representa una perturbación aleatoria que cumple todos los supuestos clásicos ($e_{i00} \sim n.i.i.d(0, \sigma_e)$)

La productividad total de la mano de obra, definida por el número de personas censadas por cada encuestador, fue medida a través de la siguiente expresión,

$$p_{j00}^T = E(\log_e(L_{i00})|D_j=j, P_i) \cdot (1/P_i) = \exp[\varphi_{00} + \sum_j \varphi_j D_{ij} P_i] / P_i, \forall j$$

y la productividad al día por,

$$p_{j00}^D = p_{j00}^T / R_j, \forall j$$

donde R_j representa el tiempo promedio de relevamiento del censo en cada una de las tres tecnologías utilizadas ($j=1,2,3$)

3. Resultados

3.1 Fuentes de Información

La información que se utiliza en este documento proviene básicamente de dos fuentes: *i*) una primaria que corresponde a un instrumento de 21 preguntas aplicado a los Institutos Nacionales de Estadística de la región; y *ii*) de fuentes secundarias provenientes de las páginas web de los INE. Con respecto a la fuente primaria, un total de trece países retornaron la encuesta diligenciada (Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Perú, República Dominicana, Venezuela y Uruguay). La información de los otros países del Caribe como Bahamas, Barbados, Belice, Guyana, Haití, Jamaica, Surinam y Trinidad y Tobago proviene de varios documentos disponibles del CARICOM y de las oficinas de estadística de los mismos países; lo mismo ocurre con la información de Brasil, Nicaragua, Panamá y Paraguay que proviene de sus respectivos INE.

Con los datos recolectados se caracterizaron las tres últimas rondas de los censos de población en función de la tecnología utilizada en los países. El Cuadro 2 muestra la tipología en cada uno de ellos para las tres rondas; mientras que el Cuadro 3 presenta la información resumida para toda la región y sus sub-regiones. Como se observa, las tecnologías de DMC (tercera generación) aparecen solo hasta la ronda de 2010 con los censos de Colombia (2005) y Brasil (2010) como sus primeros exponentes. Siguieron esta misma senda Uruguay (2011) y Venezuela (2011) y, de acuerdo con datos preliminares, Paraguay (2012), Perú (2017) y Haití (2013-2014) harían lo mismo.

Si este proceso de sustitución continuara, se espera que la ronda de 2010 finalice con un 15% de censos levantados con tecnología de primera generación

(tecnología completamente análoga), 62% tecnología de segunda generación (utilización de escáneres) y 23% con tecnología de DMC. Esta configuración contrasta con la de la ronda de 2000, en la cual 48% de los países utilizó tecnología análoga y 52% tecnología de lápiz y papel con escáneres; y mucho más aún con la ronda de 1990, en la cual 82% de los países utilizó tecnología de primera generación y solo 18% ya empezaba a incorporar los avances tecnológicos por medio de la utilización de lectores ópticos de marcas o escáneres con tecnología OMR (*óptical mark read*).

Cuadro 2
Censos de Población en los Países la Región según Tipología Tecnológica

País	Ronda de 1990				Ronda de 2000				Ronda de 2010*			
	1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
Argentina		1991				2001				2010		
Bahamas	1990				2000					2010		
Bárbados	1990					2000				2010		
Belize	1991					2000				2010		
Bolivia	1992					2001				2012		
Brasil	1991					2000					2010	
Chile		1992				2002				2012		
Colombia	1993				-	-	-	-			2005	
Costa Rica	-	-	-	-	2000					2011		
Ecuador	1990				2001					2010		
El Salvador	1992				-	-	-	-		2007		
Guatemala	1994				2002				2012			
Guyana	1991				2002					2012		
Haiti	-	-	-	-		2003					2013	
Honduras	1988				2001					2012		
Jamaica	1991					2001				2011		
Mexico	1990				2000				2010			
Nicaragua	-	-	-	-	1995				2005			
Panamá	1990				2000					2010		
Paraguay	1992					2002					2012	
Perú	1993				-	-	-	-		2007		
Rep. Dom.		1993				2002				2010		
Suriname	-	-	-	-	2004				2011			
Trinidad & Tobago	1990				2000					2011		
Uruguay	1985					1996					2011	
Venezuela		1990				2001					2011	

* La ronda de 2010 incluye algunos censos que todavía están por confirmar.

1G: Primera Generación (Lápiz - papel y Digitación Manual)

2G: Segunda Generación (Lápiz - papel de calidad especial y Escáneres)

3G: Tercera Generación (Dispositivo Móviles de Captura)

Fuente: Encuesta sobre Tecnología del Grupo Estadístico IFD/ICS, BID.

Todo parece indicar que dentro de la región el cambio tecnológico en los censos ha sido más acelerado en los países de Suramérica, los cuales, en su mayoría (88%), ya habían migrado a la tecnología de escáneres en la ronda 2000. Como se puede notar, el mayor rezago tecnológico se observa en la sub-región de Centroamérica, puesto que el Caribe ya habría migrado casi por completo a la tecnología de segunda generación finalizando la ronda de 2010 (ver Cuadro 3).

Cuadro 3

Censos de Población en la Región y Tipología de Tecnologías de Captura Utilizadas

Subregión	Ronda de 1990				Ronda de 2000				Ronda de 2010*			
	1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G	1G	2G	3G	4G
Caribe	100%	0%	0%	0%	50%	50%	0%	0%	13%	75%	13%	0%
Centroamérica	83%	17%	0%	0%	86%	14%	0%	0%	38%	63%	0%	0%
Suramérica	70%	30%	0%	0%	13%	88%	0%	0%	0%	50%	50%	0%
Total Región	82%	18%	0%	0%	48%	52%	0%	0%	15%	62%	23%	0%

* La ronda de 2010 incluye algunos censos que todavía están por confirmar.

1G: Primera Generación (Lápiz - papel y Digitación Manual)

2G: Segunda Generación (Lápiz - papel de calidad especial y Escáneres)

3G: Tercera Generación (Dispositivo Móviles de Captura)

Fuente: Encuesta sobre Tecnología del Grupo Estadístico IFD/ICS, BID.

3.2 Costo censal de la región según tecnología y cambios estructurales

El Cuadro 4 muestra los costos per cápita de los censos en los países de la región. Como se observa, el costo censal abarca un rango entre 1 y 10 dólares, y el costo promedio se ubica alrededor de 3.08 dólares per cápita. Al 95% de confianza estadística, ésta media se ubicaría entre 2.06 y 4.11 dólares per cápita.

Cuadro 4

Costos percapita de los Censos de Población en algunos países de la región durante la Ronda de 2000

Argentina	1.7795	Haiti	1.0597
Bahamas	9.8421	Honduras	1.2515
Barbados	7.2856	Jamaica	2.6254
Belize	11.0586	México	3.5574
Bolivia	1.6438	Nicaragua*	2.6303
Brasil	2.1968	Panamá	2.2028
Chile	1.6746	Paraguay	2.3267
Colombia*	1.3683	Perú*	1.0138
Costa Rica	1.7335	Rep. Dom.	1.6149
Ecuador	1.2185	Suriname	5.2156
El Salvador *	1.5710	Trin. & Tob.	5.4247
Guatemala	1.9289	Uruguay	2.3914
Guyana	1.9790	Venezuela	3.9795

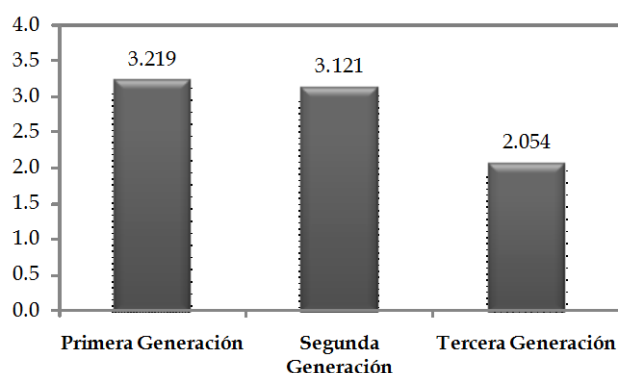
* Costos en la ronda de 2010 extrapolados al año base de comparación = 2000.

Fuente: Cálculos propios con base en varias fuentes de los INEs

Con base en la información del cuadro 4, que muestra los costos per cápita de los censos en los países de la región, y la información recolectada referente a la tecnología utilizada en los censos durante la ronda de 2000, se estimaron los costos promedio para las tres tecnologías evaluadas. La Gráfica 1 muestra la comparación de éstos costos para la región. Como se observa, la tecnología analógica (3.21 dólares per-cápita) supera en un 57% el costo de la tecnología digital (2.05 dólares per-cápita); en tanto que no hay una diferencia significativa

entre el costo de la tecnología de segunda generación (lápiz y papel con escáneres) y el de primera generación (análoga con digitación manual), ya que la diferencia entre ambas apenas es 10 centavos de dólar por persona. Esto era de esperar, ya que no existen grandes diferencias estructurales entre ambas tecnologías si se considera que la tecnología con escáneres también utiliza grandes cantidades de papel y tinta. En este sentido, los menores costos de almacenamiento que se obtienen con la tecnología de segunda generación se ven compensados con los costos de adquisición de escáneres y los mayores costos generados por la calidad del papel y la tinta requerida para que los formularios puedan ser leídos correctamente por éstos lectores ópticos. Así mismo, la introducción de esta tecnología también demanda una mayor capacitación de los encuestadores en cuanto a la caligrafía y los símbolos que se deben utilizar para que la boleta censal sea llenada correctamente.

Gráfica 1
Costo Promedio Per-cápita de los Censos de Población en
la Región según Tecnología Utilizada (*)



(*): En dólares del año 2000.

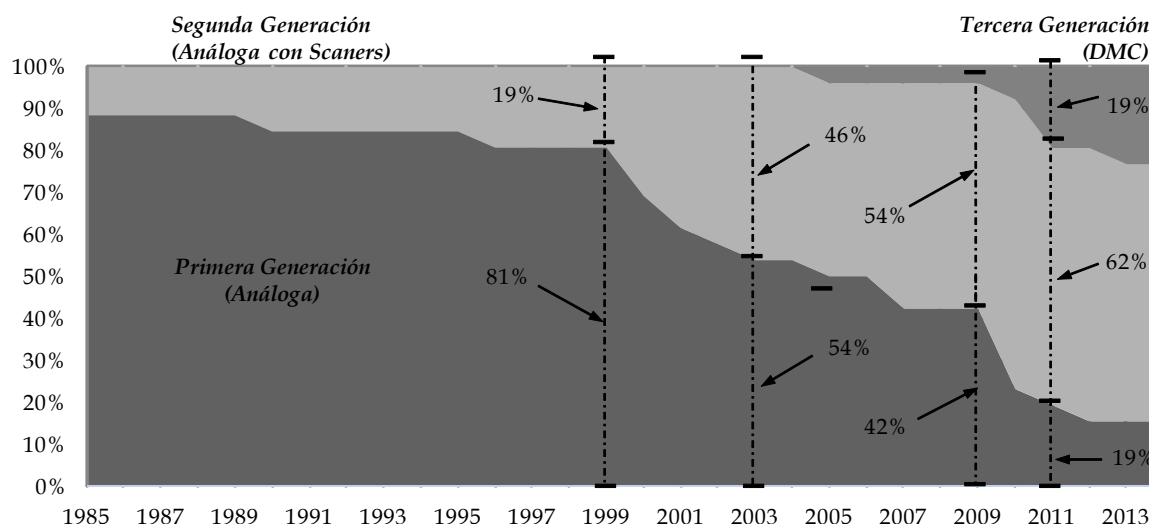
Fuente: Cálculos propios con base en varias fuentes de los INEs

Si se asume que la realización del censo es igualmente efectiva con cualquiera de las tecnologías utilizadas, entonces las nuevas tecnologías mejoran su relación costo-efectividad, en la medida que disminuye los costos brutos de la actividad censal. Por otro lado, permite establecer la magnitud de la ganancia que se logra en términos de la relación costo-efectividad, la cual estaría alrededor de 3% cuando se compara la tecnología de primera (análoga con digitación manual) con la de segunda generación (lápiz y papel con escáneres) y 34% cuando se compara la primera con la tercera generación (digital con DMC).

Con relación a la evolución de la tecnología en los censos de población de la región, la Gráfica 2 muestra como ha sido su trayectoria desde 1985 (primer año de la ronda de 1990), y como se proyecta hasta finales de la ronda 2010 en el año 2014. La senda de la evolución que se muestra se estimó a partir de los resultados de la matriz de transición que se mencionó en la sección

metodológica. Como se observa, la evolución de la tecnología ha estado marcada por dos profundos cambios estructurales en las tres últimas rondas censales. La primera ocurrió entre 1999 y 2003, durante la ronda de censos de 2000, la cual estuvo marcada por una significativa migración de los países hacia la tecnología de segunda generación. La introducción de escáneres al proceso de recolección y de la cartografía digital se dio en alrededor de 46% de los países de la región, cuando ésta significaba apenas 19% en 1999. El segundo cambio estructural se observa entre 2009 y 2010, y que posiblemente se extenderá hasta 2011, según información preliminar de los INE en los países encuestados. Este cambio estructural está marcado por la entrada de la tecnología de tercera generación (cuestionarios y cartografía digital) y por una mayor utilización de escáneres; ésta tendencia contrasta con una significativa reducción de la tecnología de primera generación, la cual se mantiene en aproximadamente 19% de los países de la región.

Gráfica 2
Evolución de la Tecnología en los Censos de Población de la Región

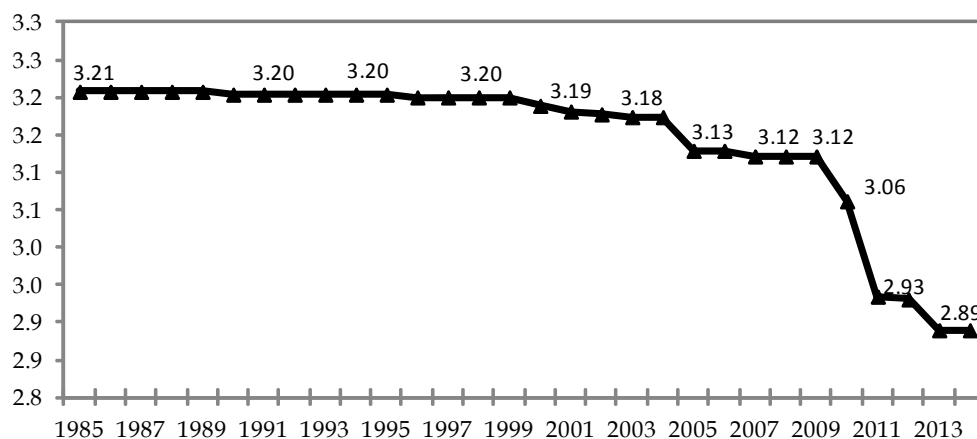


Fuente: Cálculos propios con base en Encuesta de Tecnología del BID y fuentes secundarias de los INEs.

Los resultados de la ecuación (1) aparecen en la Gráfico 3. Como se observa, el costo promedio per-cápita de la actividad censal ha venido disminuyendo desde 1985, reducción que se puede atribuir principalmente a la entrada de nuevas tecnologías dentro de la actividad censal. Comenzando la ronda de censos de 1990, el costo promedio de los censos en la región bordeaba los 3,2 dólares por persona, tendencia que ha venido disminuyendo, ya que finalizando la ronda de 2000, el costo rodeó los 3.13 dólares, y a mediados de la ronda de 2010 se ubicaba sobre los 3.06 dólares. Con el significativo cambio estructural que se da

entre 2009 y 2010, este costo sigue disminuyendo y se espera que llegue a 2.89 dólares finalizando la ronda censal de 2010, lo que equivale a una reducción del 10% en el costo de los censos entre las rondas de 1990 y 2010 (ver Grafico 3).

Gráfico 3
Evolución del Costo Per-cápita de los Censos de Población en la Región (*)



(*): En dólares del año 2000.

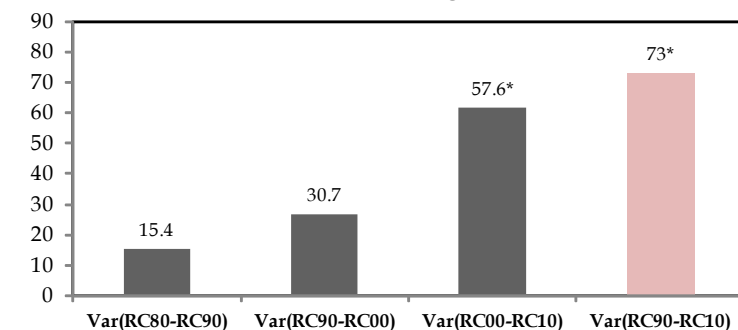
Fuente: Cálculos propios con base en Encuesta sobre Tecnología del BID e información secundaria de los Institutos Nacionales de Estadística

3.3 Determinantes del cambio tecnológico en los Censos de Población

Entre la ronda de censos de 1990 y 2000, 31% de los países de la región cambiaron de tecnología en sus censos de población. Esta tendencia será notablemente diferente para la ronda de 2010, ya que se estima que 58% de los países cambien de tecnología frente a la ronda de 2000. De ocurrir éste escenario, 73% de los países habría introducido algún cambio en la tecnología censal desde la ronda de 1990, configurando un nuevo panorama tecnológico distribuido de la siguiente forma: 15% (primera generación), 62% (segunda generación) y 23% (tercera generación), (ver en la Gráfica 4 como ha sido la dinámica del cambio tecnológico). En esta sección se presentan algunos de los factores que influenciaron el cambio tecnológico entre las rondas de 1990 y 2000, para ello, el Cuadro 5 muestra los resultados de la Ecuación 2, la cual nos permitió estimar el impacto de algunos de sus determinantes⁷.

⁷ En este Cuadro, los cambios marginales se interpretan como el aumento de una unidad en la variable que ejerce el impacto sobre la probabilidad de que ocurra el cambio tecnológico.

Gráfica 4
Evolución del Cambio Tecnológico en los Censos de Población de la Región (%)



Nota: Var(RC1-RC2): Cambio tecnológico entre la Ronda de Censos 1 y 2, respectivamente.

* Porcentaje de países estimado para cuando haya finalizado la Ronda de 2010 (RC10).

Como se observa, la decisión de los INE probablemente estuvo influenciada por los cambios ocurridos en el mercado laboral entre ambas rondas (1990 y 2000), ya que en los países donde aumentó la oferta laboral y el desempleo, la probabilidad de introducir nuevas tecnologías en los censos disminuyó sensiblemente (8.9 y 0.04 puntos porcentuales, respectivamente; ver Cuadro 5).

Es de esperar que incrementos en la fuerza laboral acompañados por una demanda inelástica presionen los salarios reales a la baja, o por lo menos que abaraten su precio relativo respecto al de otros bienes de la economía; es por esta razón que una percepción de abundancia relativa de mano de obra creará un incentivo directo para la preparación de censos que se especializan en el uso extensivo de ésta a través de la contratación masiva de empadronadores y de personal para la digitación, tal y como ocurre en los censos tradicionales. Sumado a lo anterior, el aumento del desempleo pudo también haber potenciado este mismo incentivo, ya que los INE pueden preferir utilizar la mano de obra en lugar de nuevas tecnologías que desplacen su uso; no obstante, este último resultado fue apenas significativo al 85% de confianza estadística (ver Cuadro 5).

En efecto, la dinámica del mercado laboral en la región confirma éste razonamiento, pues entre los censos de 1990 y 2000 el aumento de la oferta laboral fue mucho mayor en los países donde no ocurrió el cambio tecnológico; situación que contrastó con el aumento de los salarios reales, el cual fue mucho más pronunciado en los países donde éste si ocurrió⁸. A lo anterior se le suma el hecho de que el desempleo aumentó en promedio 38% en toda la región, lo que en conjunto creó un escenario que favoreció el uso de los censos tradicionales,

⁸ Mientras que los salarios mínimos reales crecieron casi el doble (1.72 veces) en los países donde ocurrió el cambio tecnológico, la participación laboral aumentó mucho más en los países donde éste cambio no ocurrió (3.49% versus 0.08%).

ya que casi la mitad de los países (48%) continuó levantando sus censos con lápiz y papel, y almacenando la información recolectada a través de la digitación manual.

Cuadro 5
Determinantes del Cambio Tecnológico en los Censos de
Población de América Latina y el Caribe

Variable dependiente: Δ (tecnológico) = 1 (ocurrió), 0 (no ocurrió)		
Modelo en diferencias tipo Probit		
Variable	Coefficiente	Cambio Marginal
Δ (Precios)	0.0002*** (1.7e-05)	5.4e-05*** (1.6e-05)
Δ (Costo Capital)	-0.075*** (0.016)	-0.020*** (0.003)
Δ (Oferta laboral)	-33.393*** (4.866)	-8.941*** (3.579)
Δ (Desempleo)	-0.154* (0.107)	-0.041* (0.015)
Δ (Ingreso)	-3.867*** (0.973)	-1.035*** (0.637)
Δ (Población)	-4.026* (2.852)	-1.078* (0.435)
Δ (Ayuda Externa)	0.093** (0.044)	0.025** (0.021)
Constante	1.496*** (0.109)	
Observaciones		22
Pseudo R2		0.535

*(**)[***]: 85%(95%)[99%]

Entre paréntesis aparecen los errores estándar consistentes por heterocedasticidad, los cuales fueron ajustados por tres clusters según haya sido la tecnología utilizada en el censo de población: 1ra, 2da y 3ra generación.

Cálculos Próprios

Por otro lado, la probabilidad de que ocurriera el cambio tecnológico también se vio afectada por las variaciones en los precios y del costo del capital⁹. Por un lado, en los países donde los precios aumentaron más entre ambas rondas hubo un mayor chance de cambiar la tecnología en sus censos; y por el otro, en aquellos países donde el costo del capital aumentó mucho más, hubo una menor probabilidad de que el cambio tecnológico ocurriera. Ambos resultados fueron significativos al 99% de confianza estadística (ver Cuadro 5).

⁹ Como proxy del costo del capital en los países hemos utilizado la tasa de interés real.

Efectos negativos en la probabilidad de que ocurriera el cambio tecnológico también se observaron con respecto al crecimiento económico de los países¹⁰ y el crecimiento de la población, a pesar que este último resultado fue solo significativo al 85% de confianza estadística.

Aunque se esperaba que los países que habían prosperado más en términos económicos tuvieran más chance de moverse hacia el uso de nuevas tecnologías, lo que ocurrió en la región fue algo diferente, ya que fueron éstos países los que continuaron elaborando su censo de la manera tradicional. En efecto, mientras el ingreso de los países que utilizaron tecnología de primera generación creció 22% entre ambas rondas, el ingreso de los que cambiaron de tecnología creció solo 13%. Por supuesto, hay que advertir que los países con menores niveles del PIB fueron aquellos que crecieron más, confirmando una vez más la conocida hipótesis de convergencia en el ingreso. Lo anterior sugiere, entonces, que los beneficios del crecimiento muy probablemente se distribuyeron en otras actividades de mayor prioridad para los gobiernos, y se mantuvo, como es usual, la restricción presupuestaria dentro de las operaciones censales. De lo anterior, también se puede inferir que los países más ricos, los cuales crecieron a menor velocidad, prefirieron el cambio tecnológico, esto, probablemente, con el fin de buscar nuevas alternativas para reducir, a través del uso de nuevas tecnologías, el alto costo de las operaciones censales.

Con respecto al crecimiento poblacional, se observa una disminución de 1.07 puntos porcentuales en la probabilidad de que ocurra el cambio tecnológico por cada punto porcentual que aumenta la población. Es probable que este efecto sea el reflejo de la menor exposición al riesgo de los INE ante la necesidad de investigar cambios demográficos que aparentan ser muy marcados, razón por la cual los INE tendrían un incentivo para continuar utilizando la tecnología en la que ya han logrado cierto grado de experiencia. No obstante, este razonamiento se debe tomar con cautela, ya que no fue robusto desde el punto de vista estadístico (ver Cuadro 5).

Por otro lado, efectos positivos sobre la probabilidad de que ocurriera el cambio tecnológico se observaron como respuesta a la influencia de los recursos provenientes de la cooperación internacional tanto bilateral como multilateral, lo que muestra que el cambio tecnológico probablemente fue impulsado a través de algún tipo de apoyo externo¹¹. Concretamente, el aumento de un punto porcentual en el crecimiento de éste tipo de ayuda impactó positivamente en 0.02 puntos porcentuales la probabilidad de que ocurriera el cambio tecnológico

¹⁰ El ingreso de los países está medido por el producto interno bruto real per cápita a precios de 2005.

¹¹ La ayuda externa la medimos a través de una proxy que conjugó las variaciones de la deuda y de la cooperación internacional (bilateral y multilateral) en una sola expresión de la siguiente forma: $\Delta\%(Ayuda\ Externa) = \Delta\%(Stock\ de\ la\ Deuda\ Externa) + \Delta\%(Total\ Coop.\ Internacional)$.

en los censos. Este resultado fue significativo al 95% de confianza estadística (ver Cuadro 5).

Por último, mientras se esperaba que 31% de los países cambiaran de tecnología durante la ronda de 2010, datos preliminares muestran que casi el doble de ellos (58%) lo hará. Esto indica que varios países donde no se anticipaba dicho cambio, por el contrario, ya lo hicieron o planean hacerlo durante la ronda de 2010, lo que los clasifica dentro de la categoría de amantes al riesgo. La estimación del coeficiente de aversión al riesgo confirma éste hallazgo, ya que fue positivo ($\rho = 0.27$), lo cual indica que los INE han estado más propensos a asumir el riesgo del cambio tecnológico dentro de la ronda de 2010; en efecto, los datos preliminares confirman que en la región se presentará una significativa migración hacia la tecnología de segunda (60%) y tercera generación (40%) finalizando la ronda 2010.

3.4 Determinantes de la elección de la tecnología en los Censos de Población

Los determinantes de la elección del paquete tecnológico en los censos de población de la región aparecen en el Cuadro 6, el cual muestra el resumen de los resultados obtenidos con el modelo *logit multinomial* (Ecuación 3).

Los resultados sugieren que existe una gran semejanza en el proceso de elección de la tecnología de primera y segunda generación. Como se observa, la mayoría de coeficientes no fueron estadísticamente significativos cuando se compararon ambas tecnologías (ver columnas 1 y 2 del Cuadro 6), lo cual era de esperar, ya que, por un lado, el costo promedio entre ambas tecnologías no es muy diferente, y por el otro, ambos operativos censales difieren muy poco en cuanto a la estructura logística del relevamiento de la población. En este sentido, cuando se trata de elegir entre la tecnología de primera y segunda generación, pareciera solo influir en esta elección las diferencias en la remuneración promedio del personal del censo, la productividad laboral al día (medida por el número de personas censadas en un día por cada empleado censal), y el tiempo de duración del trabajo de campo.

Una tendencia distinta se advierte al comparar la tecnología de tercera generación (DMC) con las dos primeras. Ante este hallazgo, como el proceso de elección se ve estadísticamente afectado por un mayor número de variables (columnas 3, 4, 7 y 8 del Cuadro 6), a continuación haremos un breve recuento de sus principales determinantes, el cual se apoya además de un número de gráficas para facilitar su comprensión (Gráficas 5) y de un cuadro que resume

todos los cambios marginales que afectan el proceso de elección de la tecnología en los censos (Cuadro 7).

Como se puede ver en el Cuadro 6, el proceso de elección se ve sensiblemente afectado por el tiempo que dura el operativo censal. En efecto, si el INE planeara agregar una semana adicional al operativo, la probabilidad de elegir la tecnología de DMC en lugar de la tecnología análoga y de escáneres aumentaría 30%. Este resultado era esperado, ya que los censos que utilizaron DMC en la región se extendieron a lo largo de 120 días (4 meses), frente a los 15 días que tomó en promedio realizar los censos con tecnología análoga y 41 días los censos con tecnología de escáneres.

Lo mismo ocurre con el número de preguntas contenidas en el cuestionario censal, ya que una pregunta adicional aumenta 23% la probabilidad de usar la tecnología de DMC, 0.3% la probabilidad de usar escáneres y, por el contrario, disminuye la probabilidad de usar la tecnología de primera generación en 0.4%. En otras palabras, si por alguna razón los INE de la región quisieran ampliar el número de preguntas en el cuestionario censal como consecuencia de la inclusión de nuevas temáticas dentro de la investigación, esta decisión provocaría un aumento sensible en el uso de los DMC en los censos de la región.

Por otro lado, la probabilidad de utilizar DMC en los censos de población disminuye abruptamente (32%) en caso que el INE prefiera hacer un censo *De Hecho* en lugar de un censo *De Jure*. Este resultado refleja la necesidad que tienen los INE de invocar por un equilibrio entre costos, eficiencia y efectividad de la operación censal. Normalmente los INE, con el fin de disminuir al máximo la probabilidad de error por doble conteo, optan por la desmovilización total de la población durante la llamada fecha censal. Siguiendo ésta metodología, muchos países pueden considerar que la mejor aproximación al conteo de la población es a través de un censo *De Hecho*, ya que se indaga solamente por los habitantes presentes en el hogar durante la fecha censal. En este sentido, y para garantizar la total cobertura de la población, los INE se ven forzados a movilizar grandes pelotones de empadronadores a través de todo el territorio nacional, esto, con el fin de que la mayor parte del relevamiento se pueda hacer durante el día censal publicado con varios meses de anterioridad. En éste contexto, la necesidad de movilizar un gran número de encuestadores impone prácticamente una restricción natural a la utilización de los DMC en censos de gran dimensión, ya que se requeriría un mayor presupuesto para la adquisición de equipos y la adecuación de la infraestructura tecnológica. En razón de lo anterior, la utilización de los DMC presiona a los INE a la realización de censos *De Jure* y no *De Hecho*, ya que el relevamiento con DMC normalmente se extiende a través de varias semanas con el fin de lograr un balance entre costos de equipamiento y calidad de la información.

Con respecto a la productividad de la mano de obra, se debe distinguir la productividad total (medida por la relación entre el número de personas censadas y el número de personas que trabajaron en el censo) de la productividad diaria de relevamiento, la cual se refiere a la misma relación pero medida por cada día de trabajo de campo. Como se esperaba, el incremento de una unidad en la productividad total aumenta 12% la probabilidad de elegir la tecnología de DMC frente a las tecnologías de escáner y análoga; por el contrario, el aumento de un formulario adicional en la productividad diaria provoca una disminución de 16% en la probabilidad de elegir ésta tecnología frente a las tecnologías que utilizan formularios a papel. Esta relación inversa se explica básicamente porque los censos que utilizan tecnología de tercera generación hacen uso intensivo de la mano de obra en comparación con el uso extensivo que se hace de la misma en los censos tradicionales.

Otro factor que afecta la elección de la tecnología es el costo del capital, el cual se entiende aquí como el valor de las inversiones en activos físicos y de equipamiento en dispositivos electrónicos de computación e infraestructura tecnológica de comunicaciones. Como era de esperarse, el aumento de 1% en su costo disminuye 2% la probabilidad de seleccionar la tecnología de tercera generación, esto se debe principalmente al uso intensivo que se hace de los DMC y de la red de transmisión de datos en éste tipo de censos. Por otro lado, llama la atención que en un escenario en el que el costo del capital es cero, la probabilidad de utilizar DMC no supera el 33% (Gráficas 5), lo que sugiere que el costo del capital, aunque es un factor importante, no es un factor definitivo para elegir la tecnología del censo.

Por otro lado, dado que la duración del operativo de campo es mayor en los censos con DMC en comparación con los censos tradicionales, y que el uso de la mano de obra es intensivo y no extensivo con esta misma tecnología, es natural que el costo por trabajador sea mucho mayor en los censos que utilizan DMC¹². En este sentido, y como se esperaba, a medida que el costo por trabajador aumenta, la probabilidad de elegir la tecnología de primera y segunda generación disminuye 6% y 3%, respectivamente, frente al uso de la tecnología de tercera generación (ver Gráficas 5). Esto ocurre porque los censos de primera y segunda generación son extensivos en mano de obra, y en consecuencia, el aumento en el costo por trabajador provocaría un aumento sensible en el costo del censo.

¹² Dado que los censos con DMC requieren de personal más calificado, tanto en las labores de preparación como en las de ejecución, es de esperar que la remuneración por trabajador en este tipo de censos sea superior.

Cuadro 6

Algunos determinantes de la selección del paquete tecnológico en los Censos de Población de América Latina y el Caribe (Ronda censal de 2000)

Variable	Tecnología Base = Primera Generación				Tecnología Base = Segunda Generación				Pseudo R ²	Wald Test	P(Wald)
	Segunda Generación		Tercera Generación		Primera Generación		Tercera Generación				
	Coef. (log (odds))	Coef. (odds)	Coef. (log (odds))	Coef. (odds)	Coef. (log (odds))	Coef. (odds)	Coef. (log (odds))	Coef. (odds)			
Tiempo de duración del trabajo de campo (en número de días)	0.034* (0.018)	1.034* (0.019)	0.059*** (0.020)	1.061*** (0.021)	-0.034* (0.018)	0.967* (0.017)	0.025** (0.010)	1.026** (0.011)	0.19	10.80	0.005
Cantidad de preguntas en el cuestionario censal (Máximo número)	0.007 (0.019)	1.007 (0.019)	0.209*** (0.081)	1.233*** (0.100)	-0.007 (0.019)	0.993 (0.019)	0.203** (0.080)	1.225** (0.098)	0.17	896.19	0.00
Tipo de Censo (Censo <i>De Hecho</i>)	0.164 (0.828)	1.179 (0.976)	-38.934*** (2.225)	1.2e-17*** (2.8e-17)	-0.164 (0.828)	0.993 (0.019)	-44.098*** (2.215)	1.225*** (0.098)			
Productividad Total de la Mano de Obra (Población Censada / Personal del Censo)	4.e-04 (0.002)	1.000 (0.002)	0.012*** (0.004)	1.012*** (0.004)	-4.e-04 (0.002)	1.000 (0.002)	0.012*** (0.004)	1.012*** (0.004)	0.16	10.32	0.006
Productividad al Día de la Mano de Obra (Población Censada / Personal del Censo) x Día	-7.e-02** (0.041)	0.928** (0.038)	-0.208* (0.120)	0.812* (0.098)	7.e-02** (0.041)	1.077** (0.044)	-0.134 (0.123)	0.875 (0.108)	0.13	5.83	0.054
Costo Total del Capital (Proxy de la inversión en activos físicos y otros gastos del censo)	-0.010 (0.212)	0.990 (0.210)	-2.086** (1.127)	0.124*** (0.140)	0.010 (0.212)	1.010 (0.214)	-2.076** (1.128)	0.125** (0.141)	0.17	3.44	0.179
Costo Total por Trabajador (Proxy de la remuneración promedio al personal del censo)	0.001 (0.001)	1.001 (0.001)	0.004*** (0.002)	1.004*** (0.001)	-0.001 (0.001)	0.999 (0.001)	0.003** (0.002)	1.003** (0.002)	0.23	9.59	0.05
Remuneración promedio al día (Costo Total por Trabajador / Tiempo de duración del Censo)	-0.057* (0.033)	0.945* (0.031)	-0.251*** (0.101)	0.778*** (0.078)	0.057* (0.033)	1.058* (0.035)	-0.194** (0.099)	0.824** (0.082)			
Ingreso Per-cápita (PIB real per-cápita)	-4.5e-05 (1.1e-04)	1.000 (1.1e-04)	-8.8e-05 (5.3e-04)	1.000 (0.001)	4.5e-05 (1.1e-04)	1.000 (1.1e-04)	-4.2e-05 (5.4e-04)	1.000 (0.001)			
Oferta Laboral (Tasa de Participación Laboral)	-0.014 (0.018)	0.986 (0.018)	-0.182* (0.126)	0.834* (0.105)	0.014 (0.018)	1.014 (0.018)	-0.168 (0.127)	0.846 (0.107)			
Tasa Global de Desempleo	-0.021 (0.227)	0.979 (0.222)	-2.593* (1.791)	0.075* (0.134)	0.021 (0.227)	1.021 (0.232)	-2.572* (1.813)	0.076* (0.139)			
Tasa de Desempleo Juvenil	0.074 (0.117)	1.077 (0.126)	1.569* (1.086)	4.800* (5.213)	-0.074 (0.117)	0.928 (0.109)	1.494 (1.106)	4.456 (4.926)	0.32	34.66	0.00
Var. de la Tasa de Desempleo Juvenil	0.173 (0.502)	1.189 (0.597)	1.040 (2.490)	2.829 (7.043)	-0.173 (0.502)	0.841 (0.422)	0.867 (2.471)	2.379 (5.878)			
Inserción de la Tecnología en la Sociedad (Var. del número de usuarios de internet)	4.9e-04 (3.9e-04)	1.000 (3.9e-04)	0.002** (0.001)	1.002** (0.001)	-4.9e-04 (3.9e-04)	1.000 (3.9e-04)	0.001 (0.001)	1.001 (0.001)			
Inflación (Var. promedio de los precios)	-1.560 (3.269)	0.210 (0.687)	7.004 (10.226)	1101.2 (11260.8)	1.560 (3.269)	4.757 (15.550)	8.564 (9.768)	5238.2 (51165.1)			

*(**)[***]: 85%(95%)[99%]

Errores estándar consistentes por heterocedasticidad entre paréntesis.

Primera Generación: (Lápiz - papel y Digitación Manual)

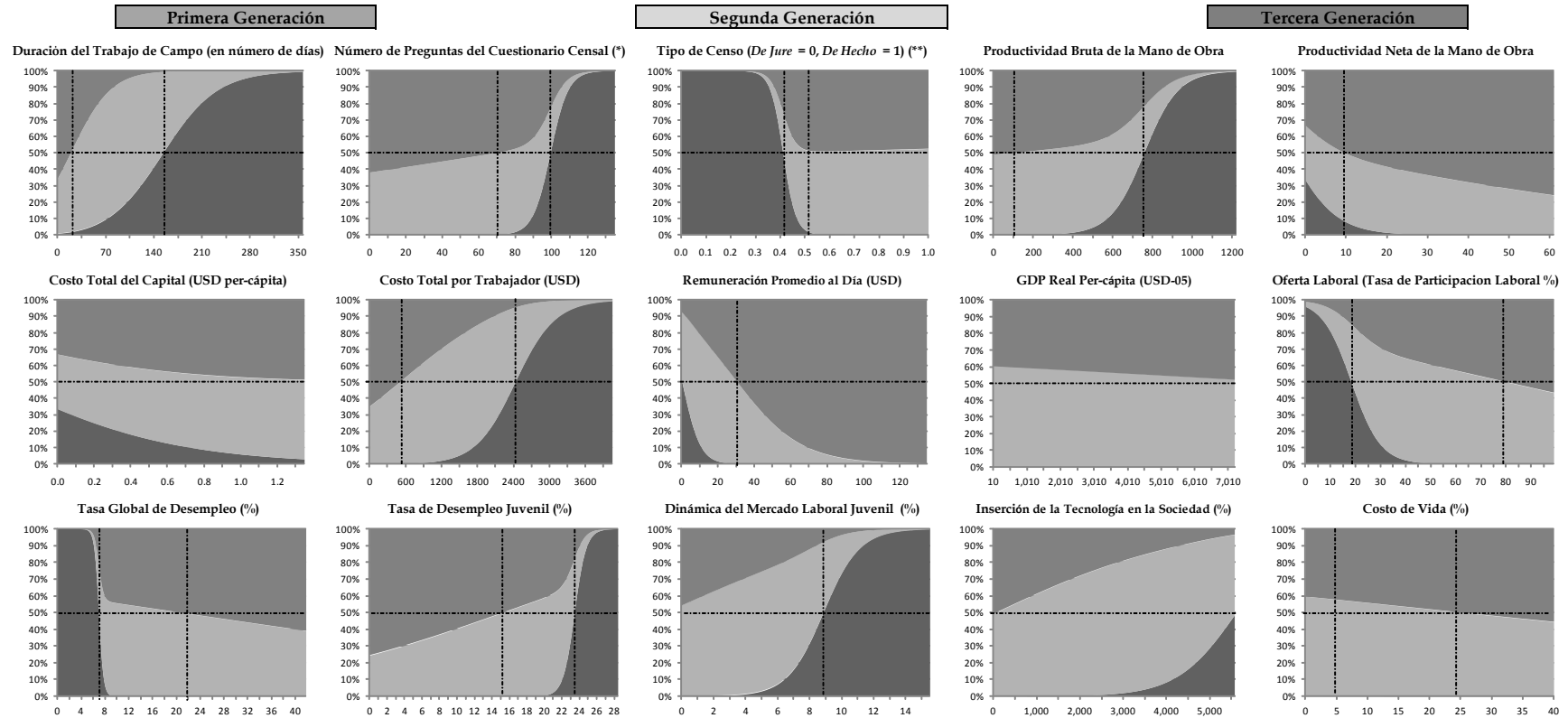
Segunda Generación: (Lápiz - papel y Escáneres)

Tercera Generación: (DMC's)

Fuente: Estimación nuestra

Gráficas 5

Probabilidad de Selección de la Tecnología Censal y sus Factores Determinantes



(*): Bajo el supuesto que el censo es *De Jure*

(**): Escala de abscisas reparametrizada al intervalo [0, 1]

1G: Primera Generación (Lápiz - papel y Digitación Manual)

2G: Segunda Generación (Lápiz - papel y Escáneres)

3G: Tercera Generación (DMCs)

Fuente: Estimación nuestra

Cuadro 7

Cambios Marginales en la Probabilidad de Selección de la Tecnología en los Censos de Población

Variable (z_k)	$\partial \text{Prob}(y=j z)/\partial z_k$			$\Delta(z_k)$	Unidad	Media (z_k)	Unidad
	$j=1G$	$j=2G$	$j=3G$				
Tiempo de duración del trabajo de campo (en número de días)	-2.196%	1.157%	3.736%	1	Día	35	Días
Cantidad de preguntas en el cuestionario censal (Máximo número)	-0.446%	0.248%	22.755%	1	Pregunta	73	Preguntas
Tipo de Censo (Censo <i>De Hecho</i>)	-0.086%	0.078%	-32.308%	1	Punto %	43	%
Productividad Total de la Mano de Obra (Población Censada / Personal del Censo)	-0.030%	0.015%	1.177%	1	Persona	316	Personas
Productividad al Día de la Mano de Obra (Población Censada / Personal del Censo) x Día	1.361%	-0.530%	-15.943%	1	Persona	16	Personas
Costo Total del Capital (Proxy de la inversión en activos físicos y otros gastos del censo)	0.082%	0.072%	-1.985%	1	Centavo	1.23	Dólares
Costo Total por Trabajador (Proxy de la remuneración promedio al personal del censo)	-0.066%	0.054%	0.347%	1	Dólar	648	Dólares
Remuneración promedio al día (Costo Total por Trabajador / Tiempo de duración del Censo)	3.202%	-2.482%	-19.678%	1	Dólar	27	Dólares
Ingreso Per-cápita (PIB real per-cápita)	0.253%	-0.201%	-0.623%	100	Dólares	4210	Dólares
Oferta Laboral (Tasa de Participación Laboral)	0.786%	-0.611%	-15.965%	1	Punto %	63	%
Tasa Global de Desempleo	1.201%	-0.896%	-92.429%	1	Punto %	9.97	%
Tasa de Desempleo Juvenil	-4.163%	3.230%	359.977%	1	Punto %	18.3	%
Var. de la Tasa de Desempleo Juvenil	-0.097%	0.077%	0.948%	1	Punto %	32	%
Inserción de la Tecnología en la Sociedad (Var. del número de usuarios de	-0.027%	0.022%	0.165%	1	Punto %	520.9	%
Inflación (Var. promedio de los precios)	0.009%	-0.006%	0.079%	1	Punto %	10.13	%

1G: Primera Generación (Lápiz - papel y Digitación Manual)

2G: Segunda Generación (Lápiz - papel y Escáneres)

3G: Tercera Generación (DMCs)

Fuente: Estimación nuestra

Un resultado interesante surge al analizar un escenario en el que el costo laboral se reduce a cero¹³, ya que en este caso sería mucho más probable elegir la tecnología completamente análoga (65%) que la de escáneres (35%). Vale la pena aclarar que ésta tecnología es marginalmente más extensiva en mano; ya que reemplaza solamente el personal para la digitación por el uso de escáneres. Además, en la tecnología de segunda generación se requiere de personal con mayor nivel de calificación en las labores de relevamiento; ya que el llenado de la boleta censal demanda ciertos niveles de caligrafía que exige un mayor nivel de capacitación del personal del censo, lo que por ende, incrementa los costos censales por trabajador.

¹³ Situaciones similares han ocurrido en varios censos de la región donde se utiliza personal voluntario para las labores de relevamiento.

Por otro lado, cuando se controla el costo laboral por el número de días que toma el operativo censal, se observa una tendencia diferente, ya que la probabilidad de elegir la tecnología de DMC aumenta en la medida que disminuye la remuneración diaria del personal (Gráficas 5). Esta tendencia probablemente surge como consecuencia del balance que los INE buscan entre costos y calidad cuando llevan a cabo censos con DMC, ya que éste solo se alcanza cuando se logran negociar contratos laborales más extensos en tiempo; pero manteniendo constante el costo laboral del censo; lo cual, por supuesto, implica una menor remuneración diaria por trabajador.

Finalmente, el proceso de elección de la tecnología en los censos de población también depende de algunos factores que afectan la atmosfera general en la que se toman las decisiones de preparación del censo, por ejemplo, se advierten factores de orden macroeconómico que podrían afectar la elección de la tecnología en los censos.

En efecto, confirmando los resultados de la sección que abordó el cambio tecnológico entre las rondas de 1990 y 2000, se observa que incrementos de 1% en la oferta laboral disminuyen 16% la probabilidad de elegir la tecnología de tercera generación. Este efecto se podría explicar a la luz de la dinámica de un mercado laboral en presencia de una demanda rígida e inelástica, lo cual provocaría variaciones negativas y elásticas en los salarios reales en presencia de incrementos en la oferta laboral, situación que incentivaría a los INE a utilizar tecnologías extensivas en mano de obra en los censos de población. En contraste, y bajo este mismo escenario, una disminución en la oferta de trabajo incentivaría la utilización de DMC en los censos y dejaría a un lado el uso extensivo de la mano de obra en los mismos.

Asimismo, se observa que el aumento de 1% en la tasa de desempleo disminuye 23% y 0.1% la probabilidad de elegir la tecnología de tercera y segunda generación, respectivamente; pero aumenta la probabilidad de elegir la tecnología de primera generación (0.1%). Esta tendencia puede ser el reflejo de la presión social que ejerce una mayor desocupación de la población, y que incentiva a los INE a utilizar mano de obra que no es absorbida por el mercado laboral, especialmente cuando se trata de operaciones masivas como los censos de población.

Una tendencia diferente se observa cuando se trata del desempleo juvenil, ya que si éste aumenta 1%, la probabilidad de elegir la tecnología de segunda y tercera generación aumenta 0.3% y 16% respectivamente. Como se puede notar, el impacto en el caso de la tecnología de DMC es altamente elástico; en contraste con el impacto inelástico ejercido sobre la elección de la tecnología de segunda

generación. Esta diferencia podría explicarse a la luz de la relación más cercana que generalmente tiene los jóvenes con el uso de los DMC (e.g. PDAs, laptops y smartphones, entre otros). Esta ventaja comparativa que tienen los jóvenes puede motivar a los INE a contratar ésta mano de obra cada vez que advierten altos niveles de desempleo juvenil. En efecto, cuando la variación del desempleo juvenil aumenta 1%, la probabilidad de elegir la tecnología de tercera y segunda generación aumenta 10% y 0.8% respectivamente; y disminuye la probabilidad de elegir la tecnología de primera generación 1%. Nuevamente, variaciones elásticas en la elección de la tecnología de la tercera generación confirman que el exceso disponible de mano de obra juvenil afecta positivamente la introducción de la tecnología de DMC en los censos de población.

Otro factor que influye en la elección de la tecnología de DMC es el grado de inserción de la sociedad hacia el uso de las nuevas tecnologías. Para medir esto, utilizamos como *proxy* la variación que tuvo el país en el número de usuarios de Internet entre las décadas de 1990 y 2000. Como se observa, los resultados son los esperados, ya que los países donde más rápido ocurrió la inserción tecnológica fueron aquellos con más chance de utilizar la tecnología de DMC; en concreto, el aumento de 1% en la velocidad de inserción aumento 2% la probabilidad de elegir la tecnología de DMC y solo 0.22% la probabilidad de elegir la tecnología de escáneres; por el contrario, el mismo efecto disminuyó la probabilidad de elegir la tecnología completamente análoga en 0.27%.

Por último, en los países donde el costo de vida fue superior, la probabilidad de utilizar la tecnología de DMC aumentó elásticamente a una tasa de 8% por cada punto porcentual que aumentó la inflación. Este resultado es consistente con la dinámica del mercado laboral y las variaciones en el costo por trabajador mencionado anteriormente, ya que, por lo general, la presión inflacionaria en la región proviene de las actividades con poco valor agregado y el sector primario de la economía, lo que impacta directamente los salarios nominales. Además, la mayor parte de la infraestructura tecnológica que llega a la región proviene de países con mayor nivel de desarrollo, los cuales generalmente están expuestos a menores tasas de inflación. Todo lo anterior incentiva a los INE a sustituir en los censos la tecnología fundamentada en la mano de obra por el uso de los DMC.

3.5 Algunos impactos metodológicos y logísticos en los censos con DMC

En línea con lo expuesto hasta ahora, el uso de la tecnología de DMC en los censos de población no solo tiene impactos en el presupuesto de los censos, sino también en otros factores metodológicos y logísticos, los cuales a su vez, pueden afectar sensiblemente la calidad y oportunidad de la información recolectada.

Por ejemplo, en los censos con DMC se ha reportado una mejora significativa en la calidad de respuesta de algunas preguntas donde tradicionalmente se había reconocido que la fuente de error provenía del mismo informante. En efecto, con respecto a las preguntas sobre la edad de los miembros del hogar, se ha comprobado en varios censos experimentales¹⁴ que el uso de los DMC permite una mejor recolección de la edad de las mujeres, esto, si se preguntan los años de nacimiento al inicio del formulario electrónico. Lo mismo ocurre con las preguntas sobre migración y movilidad reciente, ya que el DMC se puede programar para que advierta al encuestador cualquier inconsistencia *in situ*, de modo que se abre una segunda oportunidad para confirmar la información durante la misma entrevista. Grupos etarios y matrices de migración de mejor calidad en los censos con DMC, son beneficios que se pueden atribuir directamente al uso de dicha tecnología¹⁵.

Con respecto a los impactos en la logística, se destaca la simplificación en las labores de supervisión sin poner en riesgo la calidad del censo, a lo que se le suma la posibilidad de equipar a los encuestadores con otras herramientas que alcanzan a mejorar significativamente el tiempo de relevamiento. Esto es posible gracias a que los DMC pueden dotarse con herramientas tales como GPS, telefonía celular, cámara de video y fotografía. A través de la telefonía celular, la supervisión en el terreno se puede personalizar mucho más, ya que permite un mayor contacto supervisor-encuestador si existe una cobertura apropiada en la red de telecomunicaciones. Esta opción permite dirigir más fácilmente el operativo en campo y ayudar al encuestador a resolver eventos contingentes. Por otro lado, si se dispone de cartografía digital, y esta a su vez es incorporada en los DMC, los encuestadores contarán con una herramienta muy útil que les permite hacer un recorrido óptimo sobre el terreno asignado utilizando el GPS. Además, la posibilidad de tomar fotografías con el DMC, permite documentar y actualizar la cartografía digital en caso que ésta se haya modificado.

Es de esperar que el incremento en la calidad de la información recolectada acompañado de un menor tiempo en la duración de la entrevista tienda a incrementar el número de preguntas en los formularios censales electrónicos. Esta tendencia es una respuesta natural a la siempre necesidad de investigar los diversos y variados fenómenos socio demográficos, por lo que el uso de DMC en los censos parece inclinar la balanza a favor de los investigadores temáticos sin perjuicio de las recomendaciones metodológicas tradicionales.

¹⁴ Específicamente, en los censos experimentales de Brasil, Paraguay y Uruguay de la ronda 2010, en los cuales ha participado el BID (informes de misión).

¹⁵ Impactos positivos en la calidad también se observan en la información recolectada sobre relaciones de parentesco, discapacidad y servicios de la vivienda.

Por último, se debe explorar con más detalle el impacto que pueda tener el diseño del cuestionario digital y su aparición en la pantalla del DMC. Dependiendo si las preguntas del formulario se desplazan de forma horizontal o vertical, existe la posibilidad de que esto pueda tener algún efecto en el desempeño del censista, y por consiguiente, en la calidad de la información recolectada. Otro aspecto que se debe tener en cuenta en los censos con DMC es la infraestructura tecnológica y de comunicaciones que exista en el país, de existir deficiencias, la oportunidad de la información censal, que es una de las principales ventajas que trae esta tecnología, se verá comprometida.

3.6 Algunos impactos en costos y productividad en los censos con DMC

Cada vez que comienza la preparación del censo, es normal que aparezcan innumerables solicitudes, por parte de los investigadores y potenciales usuarios de las estadísticas censales, para incluir diversas preguntas e indagar por distintos fenómenos que afectan la población. La demanda temática muchas veces es tan amplia que los INE tienen que sostener largas discusiones con los usuarios de las estadísticas censales, solo con el fin de encontrar un balance entre el número de preguntas de la boleta censal y sus costos asociados.

Como siempre, en estas discusiones hay argumentos de doble vía, por un lado se argumenta que el censo, siendo la investigación con mayor cobertura de la población, debería aportar más información al simple conteo de la población y sus viviendas, puesto que es una oportunidad única para indagar por los fenómenos socio-económicos y culturales de la población. Por otro lado, está el argumento sobre la calidad de la información censal, la cual se pone en riesgo si la carga de preguntas se excede.

Estas discusiones también matizan argumentos financieros, como lo son el tema presupuestal, ya que los INE están obligados a encontrar la manera de incluir una batería de preguntas que se ajuste al presupuesto del censo. Un mayor número de preguntas demandará una mayor cantidad de recursos tales como papel, tinta, instrumentos para el llenado de la boleta censal y medios para el almacenamiento de la información. También requerirá un mayor tiempo de entrevista, y con ello una mayor carga laboral. Todo esto convierte al número de preguntas en una decisión clave que se debe resolver en cualquier censo.

La ausencia de papel y tinta en los cuestionarios electrónicos incorporados en los DMC, así como una menor cantidad de recursos necesarios para la digitación de los mismos, tanto en el caso de la tecnología de escáneres como en la de DMC, puede generar economías de escala en costos si se incrementa el número de preguntas. Más allá del análisis, esta afirmación aun no dispone de evidencia

contundente que la respalde. A continuación se presenta una estimación del impacto que tiene la carga de preguntas sobre el costo censal basado en la información recolectada y el modelo presentado en la sección metodológica.

El Cuadro 8 muestra los resultados obtenidos con la ecuación (4). Como se advierte, el costo por pregunta en el cuestionario censal se ve sensiblemente impactado por la tecnología utilizada en el censo. En promedio, una pregunta adicional en el cuestionario censal incrementa el costo per-cápita del censo 2.2%, 2.04% y 1.2% si ésta adición se hace con la tecnología de primera, segunda y tercera generación respectivamente. Mientras la variación en los costos con las dos primeras generaciones fue elástica (1.6%, 1.4%, respectivamente), la variación con la tecnología de tercera generación fue inelástica (0.94%).

Más específicamente, si la boleta censal tiene 40 preguntas, el costo per-cápita del censo será 8% más bajo si se hace con tecnología de segunda generación en lugar de primera generación; pero 32% más bajo si se hace con tecnología de tercera generación 32%. En esta misma línea, el costo del censo con cuestionarios de 80 preguntas alcanzaría a ser 54% más bajo con tecnología de DMC en comparación con la tecnología de los censos tradicionales.

Cuadro 8
Impacto del Uso de la Tecnología en el Costo del
Número de Preguntas del Formulario Censal

Número de Preguntas	Costo según Tecnología (USD/per-cápita)			Diferencia Porcentual		
	1G	2G	3G	2G-1G	3G-2G	3G-1G
10	0.68	0.66	0.62	-2%	-7%	-9%
20	0.85	0.81	0.70	-4%	-14%	-17%
30	1.06	1.00	0.80	-6%	-20%	-25%
40	1.33	1.23	0.91	-8%	-26%	-32%
50	1.67	1.50	1.03	-10%	-31%	-38%
60	2.09	1.84	1.18	-12%	-36%	-44%
70	2.62	2.26	1.34	-14%	-41%	-49%
80	3.28	2.78	1.52	-15%	-45%	-54%
90	4.11	3.40	1.73	-17%	-49%	-58%
100	5.15	4.18	1.97	-19%	-53%	-62%
110	6.46	5.12	2.25	-21%	-56%	-65%
120	8.09	6.28	2.56	-22%	-59%	-68%

1G: Primera Generación (Lápiz y papel y Digitación Manual)

2G: Segunda Generación (Lápiz y papel y Escáneres)

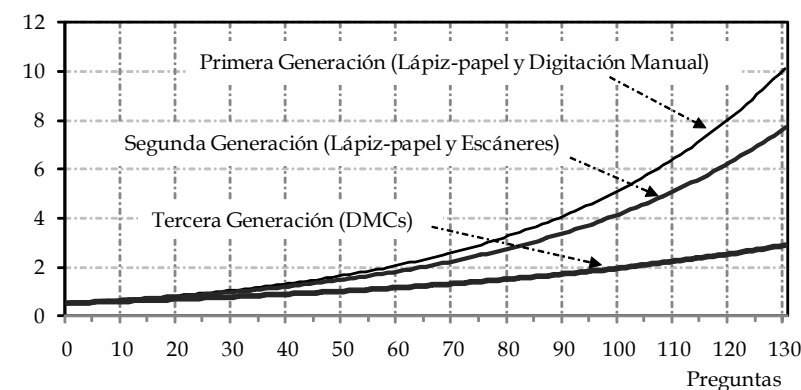
3G: Tercera Generación (DMCs)

Fuente: Estimación nuestra.

Es interesante notar como la diferencia en los costos no parecen diferir mucho cuando se comparan las tecnologías de primera y segunda generación, y especialmente cuando la estimación se hace para cuestionarios con menos de 70

preguntas, región donde la diferencia promedio es menor al 10% (ver Cuadro 8 y Gráfica 6). Este resultado es consistente con la estimación de la probabilidad de elección entre ambas tecnologías, ya que a partir de dicho umbral es más probable utilizar la tecnología de segunda generación en lugar de la tecnología de primera generación (Gráficas 5). Lo anterior sugiere que a partir de ese punto el impacto negativo sobre los costos en la digitación y el almacenamiento, motiva a los INE a sustituir esta tecnología por la de lectores ópticos a través de escáneres para el almacenamiento de los datos. Según nuestras estimaciones, después de éste umbral (70 preguntas), los costos de digitación y almacenaje crecen a una tasa promedio de 0.27% por pregunta adicional incorporada en la boleta censal.

Gráfica 6
Costo per-cápita del Censo según número de preguntas
del cuestionario censal (USD)



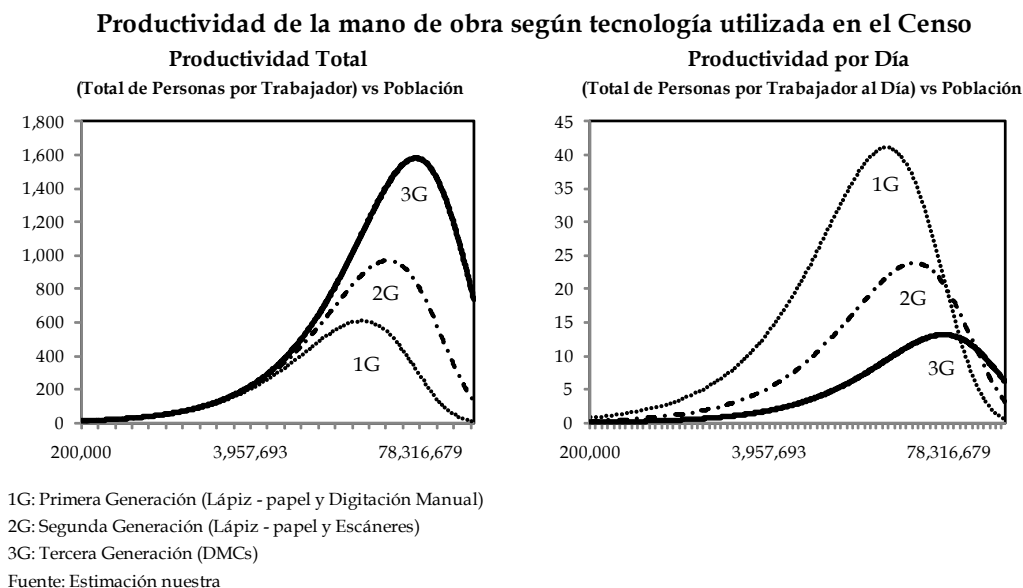
Fuente: Estimación nuestra.

Finalmente, con respecto a la productividad de la mano de obra en los censos, se observan diferencias significativas que pueden ser atribuidas directamente al uso de la tecnología en los mismos.

En efecto, la productividad al día de la mano de obra es mucho mayor en los censos tradicionales que en los censos con DMC (ver Gráfica 7, derecha). Mientras en un censo tradicional la razón promedio de personas encuestadas por trabajador censal fue 22 personas/día, con la tecnología de DMC esta razón apenas fue 7 personas/día. Esta diferencia se explica por el diferencial en los tiempos de duración del operativo censal; puesto que en los censos tradicionales, los cuales utilizan casi 6.4 veces más de fuerza laboral, el tiempo de relevamiento toma alrededor de 28 días, mientras que los censos con DMC tardan en promedio 120 días. Los valores máximos de productividad al día fueron 32 personas/día en promedio para los censos tradicionales (con

tecnología de primera y segunda generación), frente a 13 personas/día en los censos con tecnología de DMC (tercera generación).

Gráfica 7



Esta tendencia se invierte cuando se mide la productividad durante todo el periodo de relevamiento. En efecto, la productividad total por trabajador en los censos con DMC es dos veces superior a la lograda con los censos tradicionales cuando se compara ésta en su punto máximo (ver Gráfica 7, izquierda). Resulta interesante que este diferencial aumente de forma inelástica a una tasa de 0.4% cuando el tamaño de la población corresponde a un país de tamaño mediado (26 millones de personas); pero de forma elástica, a una tasa de 1.9%, cuando se trata de una población del tamaño de Brasil (200 millones de personas). Lo anterior sugiere que la maximización de la productividad en los censos con tecnología de DMC ocurre en países con mayor población, ya que en los países menos poblados la productividad total entre los diferentes tipos de tecnología no muestra diferencias significativas.

4. Conclusiones

Aunque el uso de nuevas tecnologías en los censos de población es un fenómeno que viene ocurriendo en la región desde la ronda de 1990, se espera que, una vez finalice la ronda de 2010, los cambios se vean de forma más generalizada. La propagación en el uso de escáneres, la cartografía digital (o de precisión), y los dispositivos móviles de captura y posicionamiento global, terminarán dejando atrás los censos tradicionales que se hacían con lápiz y papel, cartografía

análoga (o de aproximación) y digitación manual de los cuestionarios censales. Estos cambios son una muestra de la evolución de los censos y reflejan la senda que tomaran en el futuro.

Detrás de estos cambios tecnológicos están los INE, los cuales tienen la responsabilidad de decidir si los incorporan o no en sus operaciones censales. El principio fundamental que mueve a los INE se basa en tomar la decisión que, a menor costo, garantice la calidad y oportunidad de la información recolectada. Bien se sabe que los censos demandan una gran cantidad de recursos humanos y financieros, de modo que las decisiones a su alrededor deben ser suficientemente consultadas, mas aun cuando es una actividad que se lleva a cabo cada diez años, como lo es el censo de población y de vivienda.

En este documento recogimos evidencia que nos lleva a pensar que los INE actúan, por un lado, conforme a lo esperado por la racionalidad económica, y por el otro, respondiendo sensiblemente a las ventajas que traen las nuevas tecnologías a las operaciones censales.

Básicamente, la evidencia nos muestra que los INE se mueven dentro de una racionalidad de minimización de costos cuando deciden que tecnología utilizar en sus censos de población. En efecto, aquellos países en donde los salarios reales crecieron menos y donde hubo un mayor incremento de la oferta laboral; fueron aquellos países donde se prefirió levantar los censos de manera tradicional. Asimismo, con el fin de reducir los costos de la operación censal, el aumento de la inflación y el abaratamiento del costo del capital también impulsó a los INE hacia el uso de las nuevas tecnologías. De acuerdo con datos preliminares, se espera que al finalizar la ronda 2010 58% de los países hayan cambiado de tecnología censal respecto a la ronda 2000.

Con respecto a la probabilidad de elección entre el portafolio tecnológico, no se observaron grandes diferencias que distancien el proceso de elección entre la tecnología de primera (lápiz-papel y digitación manual) y segunda generación (lápiz-papel y escáneres). Por el contrario, los INE perciben grandes diferencias cuando comparan estas dos tecnologías con la de tercera generación (DMC). Pareciera que los INE tienden a escoger esta última porque perciben, por un lado, que ésta les permite incorporar, a un menor costo, un mayor número de preguntas al cuestionario censal, y por el otro, porque aumenta la productividad total de la mano de obra contratada en el censo. Ambas percepciones están en línea con lo mencionado sobre la racionalidad económica de minimización de costos que ha guiado a los INE. No obstante, esta percepción tiene un impacto enorme en la estructura del relevamiento de la población, ya que los obliga a extender el operativo de campo a través de varias etapas y varios meses bajo una filosofía de censos *De Jure*.

Posiblemente esta sea la única manera que encuentran los INE para lograr un balance entre costos y calidad cuando eligen la tecnología de DMC, ya que la ampliación del periodo de relevamiento, por un lado, abarata la remuneración diaria de la mano de obra; pero reduce su productividad al día. Esta dinámica también está en línea con la racionalidad económica, pues bajo condiciones de optimalidad un menor nivel de productividad implica un menor nivel de remuneración y viceversa. El mismo razonamiento es válido cuando se analiza la productividad total de la mano de obra, ya que esta aumenta significativamente con los DMC y, en consecuencia, su remuneración. Mayores niveles de calificación de los empadronadores seguramente también explica el incremento en productividad y en la remuneración cuando se utiliza la tecnología de DMC.

Por otro lado, cuando se comparan los costos del portafolio tecnológico, reunimos evidencia que muestra que los censos con DMC alcanzan a ser 35% más baratos que los censos que utilizan lápiz y papel (primera y segunda generación). Este análisis se hizo sin considerar los costos que trae la desmovilización de toda la población, lo que también favorecería el uso de los DMC si se busca minimizar tanto los costos directos como indirectos de la actividad censal.

Por último, en este documento también reunimos evidencia sobre los impactos de la tecnología en costos y productividad de los censos. En efecto, el uso de los DMC potencialmente duplica la productividad total de la mano de obra en el censo, mientras reduce 45% los costos por pregunta de un cuestionario censal compuesto por 70 preguntas. Esta ganancia aumenta a una tasa de 3% en promedio por cada pregunta adicional que se incorpora al formulario.