

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Posgrados

**Actividad Deportiva como Resultado de la Implementación de un Programa
de Movilidad no Motorizada en Quito: BiciQuito**

Ana Mishell Tello Ayala

**Víctor Morales Oñate, PhD.
Director de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito
para la obtención del título de Magíster en Economía

Quito, 12 de agosto de 2020

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO DE POSGRADOS

HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**Actividad Deportiva como Resultado de la Implementación de un Programa
de Movilidad no Motorizada en Quito: BiciQuito**

Ana Mishell Tello Ayala

Pedro Romero Alemán

PhD

Director de la Maestría en Economía

Santiago Gangotena González

PhD

Decano del Colegio de Administración y Economía

Hugo Burgos Yáñez

PhD

Decano del Colegio de Posgrados

Quito, agosto de 2020

© Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Nombre del estudiante:	<u>Ana Mishell Tello Ayala</u>
Código de estudiante:	<u>00209499</u>
C. I.:	<u>1717043812</u>

Quito, 12 de agosto de 2020

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following graduation project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

DEDICATORIA

A Dios por siempre estar conmigo y por ser la fortaleza de mi vida.

A mis padres Ana y Francisco que me inculcaron valores imprescindibles, por todo su apoyo y especialmente por su cobijo de amor.

A mis hermanos Ken y Erick por su compañía quienes con su amor y travesuras me alegran la vida y me dan esas fuerzas para seguir adelante.

A mis amigos y especialmente a Santiago Cantos que estuvo ahí siempre para ayudarme en todo.

Mishell Tello

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad San Francisco de Quito, especialmente a los profesores del Posgrado de Economía quienes con sus enseñanzas y consejos me han hecho no solo un buen profesional sino un gran ser humano.

Un agradecimiento especial a mi director Víctor Morales Oñate por su valiosa colaboración por hacer posible este trabajo, por su personalidad única y por ser un mentor de excelencia.

Al director de la Maestría, Pedro Romero por brindarnos su conocimiento y su apoyo durante el programa.

A los lectores de esta disertación a Carlos Uribe y Paúl Carrillo por su valiosa colaboración.

¡Muchas gracias a todos!

Mishell Tello

RESUMEN

Este documento evalúa el programa de movilidad no motorizada BiciQuito de la ciudad de Quito en el porcentaje de personas que hacen ejercicio en el período 2010-2014 utilizando el Método de Control Sintético. Desde su implementación en 2012, esta es la primera vez que se aborda este programa desde un punto de vista cuantitativo. Se ha encontrado un efecto positivo y significativo, la diferencia entre Quito y su grupo sintético es 0.00% y 3% antes y después de la implementación del BiciQuito respectivamente, un aumento del 3% en el porcentaje de personas que hacen ejercicio.

Palabras clave: *Movilidad, impacto deportivo, BiciQuito, grupo sintético, método de control sintético.*

ABSTRACT

This paper evaluates the BiciQuito non-motorized mobility program of the city of Quito in the percentage of people that exercise in the 2010-2014 period using the synthetic control method. Since its implementation in 2012, this is the first time that this program has been addressed from a quantitative point of view. A positive and significant effect has been found, the difference between Quito and its synthetic group is 0.00% and 3% before and after the implementation of the BiciQuito respectively, a 3% increase in the percentage of people who exercise.

Keywords: Mobility, sports impact, BiciQuito, synthetic group, synthetic control method.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN	12
REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA BICIQUITO	20
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	24
MODELAMIENTO ECONÓMICO	24
EL MÉTODO DE CONTROL SINTÉTICO	25
RESULTADOS.....	30
CONSTRUYENDO UNA VERSIÓN SINTÉTICA PARA QUITO.....	30
EL EFECTO DEL PROGRAMA DE MOVILIDAD NO MOTORIZADA BICIQUITO	34
PRUEBA DE ROBUSTEZ.....	36
CONCLUSIONES	41
REFERENCIAS	42
APÉNDICE A	47
APÉNDICE B.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. MEDIA DE LOS PREDICTORES DE LA ACTIVIDAD DEPORTIVA ANTES DEL BICIQUITO	31
TABLA 2. PESO DE LOS PREDICTORES DE LA ACTIVIDAD DEPORTIVA.....	32
TABLA 3. PESO SINTÉTICO PARA EL CANTÓN QUITO	33
TABLA 4. GRUPO DE DONANTES PARA EL GRUPO SINTÉTICO: QUITO SINTÉTICO	49

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. TENDENCIAS EN EL PORCENTAJE DE PERSONAS QUE HACEN EJERCICIO PARA QUITO Y EL GRUPO DONANTE	34
FIGURA 2. TENDENCIAS EN EL PORCENTAJE DE PERSONAS QUE HACEN EJERCICIO: QUITO VS QUITO SINTÉTICO	35
FIGURA 3. BRECHA PORCENTUAL EN EL PORCENTAJE DE PERSONAS QUE HACEN EJERCICIO ENTRE QUITO Y QUITO SINTÉTICO	36
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN “LEAVE-ONE-OUT” DEL GRUPO SINTÉTICO DE QUITO	38
FIGURA 5. DISTRIBUCIÓN “LEAVE-ONE-OUT” DEL GRUPO DE DONANTES DE QUITO	39

INTRODUCCIÓN

El modelo de movilidad dominante¹ sigue presentando grandes problemas en zonas urbanas, fundamentalmente los relacionados con el uso de espacios públicos, ambientales, y de congestión vehicular (Jordi, 2017). La movilidad sigue siendo un problema creciente para las grandes ciudades del mundo y de América Latina. Ello ha despertado el interés por estudiar la movilidad en las ciudades y entender los procesos socioambientales, económicos, políticos, culturales y de salud pública asociados a ella (Hidalgo, 2018).

En este contexto, las agendas de planificación urbana intentan dar respuesta a este desafío, buscando reducir las externalidades negativas del uso del automóvil, incorporando planes de mejoras en la infraestructura del transporte público e incentivando los desplazamientos en bicicleta y a pie a través del llamado transporte activo² (Llovera, 2016).

Arocha (2019), afirma que el sedentarismo y los estilos de vida físicamente inactivos forman parte de los principales factores de riesgo de enfermedades crónicas. Se incluyen enfermedades coronarias, accidentes cerebro vasculares, algunos tipos de cáncer, diabetes y depresión. Entre otras posibles causas se cree que los bajos niveles de gasto de energía de la actividad física son en parte responsables de la epidemia actual de sobrepeso y la obesidad. Según la Organización Mundial de la Salud (2020), la obesidad se ha triplicado desde 1975, en todo el mundo. En 2016, el 13% de la población mundial se encontraba con obesidad mórbida y 39% de los adultos mayores de 18 tenían sobrepeso.

La implementación de sistemas de transportes no motorizados no solo representa una alternativa para sistemas de transporte sostenibles, sino que se presenta como una forma

¹ Sistemas de transportes motorizados altamente contaminantes, puede ser público o privado.

² El transporte activo hace referencia a los desplazamientos de un lugar a otro haciendo uso del cuerpo humano a través de un esfuerzo físico o actividad física.

eficiente de incentivar a la población hacia estilos de vida más activos y saludables. Gracias a los diversos efectos positivos del transporte activo, las mejoras en salud a nivel poblacional pueden ser significativas dada su seguridad (Wanner, Götschi, Martin-Diener, Kahlmeier, & Martin, 2012).

Los estudios orientados a establecer relaciones entre el transporte activo y el incremento de la actividad física son importantes para contribuir con la sistematización de información relevante, que permita establecer vínculos más sólidos entre los organismos de planificación urbana y los profesionales de la salud en aras de diseñar e implementar políticas o programas públicos orientados a la promoción de estilos de vida más activos y sistemas de transportes sustentables que permitan mejorar el bienestar de la población.

En este sentido, y debido a la relevancia del tema, surge la necesidad de estudiar y determinar el impacto que los sistemas de transporte no motorizado tienen sobre el aumento de la actividad física en la población. Específicamente, se busca conocer el efecto de los sistemas de transportes no motorizados sobre la actividad física, como consecuencia de la implementación del programa BiciQuito, en la ciudad de Quito, por lo que se ha planteado como interrogante de investigación la siguiente:

¿Cuál es el impacto que ha tenido el programa BiciQuito en la actividad deportiva de los quiteños, para el periodo 2010 – 2014?

Una evaluación de impacto correctamente diseñada e implementada puede proporcionar evidencia convincente y exhaustiva para fundamentar las decisiones de las políticas, influir en la opinión pública y mejorar el funcionamiento de los programas.

En el presente estudio se plantea como objetivo principal, determinar la incidencia que los sistemas de transporte no motorizados tienen sobre el aumento de la actividad física,

evaluando el programa BiciQuito para el periodo 2010 – 2014. El enfoque del presente estudio está orientado a la evaluación del programa aplicando la Metodología de Control Sintético. En referencia a lo expuesto por Abadie, Diamond, & Hainmueller (2015), esta metodología proporciona una forma sistemática de elegir unidades de comparación de programas ya ejecutados. Al ser el programa de BiciQuito aplicado solo en el cantón Quito, se tiene un escenario ideal para la aplicación del Método de Control Sintético porque permite construir un grupo de control sintético utilizando como referencia el resto de los cantones como potenciales unidades de control. Esto lo convierte en una primera aproximación a evaluar el programa desde un enfoque cuantitativo.

Entre los principales resultados están que el programa BiciQuito tuvo un efecto positivo y significativo en la actividad deportiva, la diferencia entre Quito y su grupo sintético es de 0.00% y 3.00% antes y después de la implementación del BiciQuito respectivamente, un aumento de 3.00% en el porcentaje de personas que hacen ejercicio.

Para alcanzar los objetivos planteados se realiza una revisión de literatura referente a la utilización de programas de bicicletas públicas para mejorar niveles de actividad física y por ende en la salud de la población. Luego se describe el Método de Control Sintético aplicado al problema de BiciQuito y se aplica este enfoque de Control Sintético para estimar el efecto del Programa de Movilidad no Motorizado BiciQuito sobre la actividad deportiva en el cantón Quito.

Este trabajo se organiza de la siguiente manera. La siguiente sección describe la revisión de literatura referente al uso de las redes de transporte no motorizadas y su mejoramiento en la actividad física, junto con la descripción del programa BiciQuito. La sección III describe la metodología utilizada para responder a la pregunta de investigación. La

sección IV describe los resultados y, finalmente, la última sección concluye el trabajo y se describen posibles investigaciones posteriores.

REVISIÓN DE LITERATURA

Las precarias condiciones de infraestructura, los aspectos económicos y sociales de las urbes, la contaminación ambiental, la preocupación por la salud de los habitantes y especialmente por la actividad física, la recreación y el deporte se han convertido en insumos determinantes para la creación de formas alternativas de transporte, como el no-motorizado y el uso de la bicicleta (Montezuma, 2011).

Según Beltrán-Carrillo, Pérez-Samaniego, Valencia-Peris, & Valenciano (2010) los modelos urbanísticos han incidido en los patrones de movilización de la población, creando hábitos sedentarios y aumentando los niveles de inactividad física. Los autores también destacan la importancia y la necesidad de establecer programas de promoción del transporte activo, pues reconocen que el sedentarismo en la población urbana repercute negativamente en el bienestar social y la salud pública. Sugieren al transporte activo como una de las principales alternativas para incorporar la actividad física en las rutinas de la vida diaria y promocionar el estilo de vida activo.

Debido al colapso de las grandes ciudades y la problemática asociada a la movilidad urbana, ha surgido la necesidad lograr un desarrollo sostenible como nuevo paradigma para las ciudades. Para Anaya (2012) & Gator (2015), la bicicleta se presenta como una alternativa complementaria de movilidad sostenible, ya que puede aumentar la accesibilidad temporal y territorial. En esta misma línea de ideas, Jakovcevic, Franco, Visona, & Ledesma (2016), refieren que la promoción del uso de la bicicleta se ha convertido en una de las políticas más empleadas para contrarrestar los efectos negativos del uso de automóviles en los grandes centros urbanos.

En América Latina existe una combinación de transporte "sostenible", con grandes proporciones de transporte público y no motorizado (más del 65% en la mayoría de las ciudades). Al mismo tiempo, la región registra altas tasas motorización (hasta un 17% de crecimiento anual proyectado hasta el 2018), principalmente impulsado por motocicletas. Este crecimiento tiene influencia directa en el aumento de las externalidades, particularmente las muertes por accidentes de tránsito y la contaminación del aire. El valor económico de las externalidades se estima en el 18% del ingreso promedio de las principales ciudades de la región (Huizenga, 2013).

En el caso de los sistemas de bicicletas públicas se han realizado diversos estudios acerca de la actividad física que realizan los usuarios de los programas. El reporte *European Best Practices in Bike Sharing Systems* (2016) muestra algunos ejemplos exitosos de sistemas de bicicletas públicas con una alta participación ciudadana y mejoras en los niveles de actividad física. En Suecia, por ejemplo, el gobierno ha fomentado soluciones de transporte a largo plazo. En el año 2018 se invirtió un total de 100 millones de coronas suecas (SEK) adicionales a las iniciativas de 2016 y 2017 (Government Offices of Sweden, 2020). Kriit HK, Williams JS, Lindholm L, et al (2019) encontraron que los nuevos usuarios de los sistemas de bicicletas públicas en Estocolmo aumentaron su actividad física en 7 horas por semana, reduciendo el riesgo de mortalidad de enfermedades asociadas en un 17%.

Una de las potencialidades que se han identificado en el empleo del transporte activo tiene que ver con su incidencia en la actividad física de la población, y, por ende, en la salud de las personas. Un estudio realizado por Wanner, Götschi, Martin-Diener, Kahlmeier, & Martin, (2012) muestra evidencia sobre las relaciones entre transporte activo, actividad física y peso corporal en adultos. La investigación concluye que el transporte activo se asocia con

mayores niveles de actividad física y menor peso corporal en adultos; esto concuerda con lo expuesto por Andersen (2016), en referencia a que el transporte activo reduce la adiposidad y el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares.

Jordi (2017) menciona que el uso de bicicleta en desplazamientos cotidianos y de moderada intensidad beneficia la salud, genera una reducción del riesgo de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, y determina una relación inversa con la incidencia de diabetes y de diversos tipos de cáncer, así como la mejora en el bienestar emocional.

Autores como Cavill, Kahlmeier, Rutter, Racioppi, & Oja, (2008) destacan los beneficios indirectos derivados de los sistemas de transportes no motorizados como el efecto económico positivo en los balances de la administración pública y de las aseguradoras, principalmente por la reducción de los costos derivados de la atención sanitaria, así como también en la reducción en los índices de mortalidad, incluso ante pequeños incrementos en el uso de bicicleta.

Uno de los estudios más trascendentales sobre el tema es el de Rojas-Rueda et al., (2011) citado en Nieuwenhuijsen & Rojas (2020) en España. Haciendo uso del esquema de bicicletas compartidas *Bicing* en Barcelona, estimaron los riesgos y beneficios para la salud de viajar en bicicleta en comparación con los viajes en automóvil. En general, teniendo en cuenta el riesgo y los beneficios, el *Bicing* en Barcelona podría evitar 12.28 muertes anuales. Adicionalmente, las emisiones anuales de dióxido de carbono se redujeron aproximadamente nueve millones de kilogramos en Barcelona.

En un estudio en Ecuador, Albuja (2017) realizó encuestas para medir el impacto de BiciQuito en la actividad física. Encontró que el programa aumenta en promedio 36 minutos de ejercicio al día por persona. Incluso asevera que este tiempo es mayor al encontrado por

un estudio en Copenhague, donde el uso de la bicicleta para desplazamiento al trabajo es de 26 minutos diarios (Andersen et al. 2000, citado en Albuja, 2017).

Los aspectos positivos en el sector de la salud por el uso de la bicicleta son de gran interés, ya que aumenta los niveles de actividad física. Asimismo, en el sector de transporte y planificación, permite justificar las inversiones en ciclismo y sistemas de transporte considerados como alternativos y sustentables. En este sentido, se ha hecho necesario establecer vinculaciones entre los sistemas de transporte, salud y actividad física, donde los profesionales del transporte y la salud pública colaboren estrechamente en investigación, políticas y prácticas que puedan conducir a esfuerzos conjuntos para satisfacer las necesidades de la sociedad (Fernández & Elena, 2019).

Los hallazgos encontrados por Götschi, Garrard, & Giles-Corti (2015) muestran que si bien la magnitud de los beneficios y los riesgos del ciclismo dependerán de las condiciones locales, una razón clave para seguir el ciclismo diario como una estrategia para mejorar la salud pública, es su viabilidad y sostenibilidad como iniciativa que promueve la actividad física. De hecho, el ciclismo ofrece un gran potencial para mantener a las personas mayores activas y en constante movimiento si las condiciones son seguras.

Cavill, Kahlmeier, Rutter, Racioppi, & Oja (2008) al evaluar dieciséis artículos referentes a la valoración económica de aspectos de la infraestructura o política de transporte (que incluyó datos sobre caminar y andar en bicicleta y efectos sobre la salud) concluye que existe una relación positiva en los análisis de costo-beneficio al incorporar sistemas no motorizados.

En este sentido, uno de los principales aportes de la presente investigación consiste en el logro de la sistematización del uso del transporte no motorizado y su impacto en el aumento de la actividad deportiva. Se sustenta a partir de un cúmulo de estudios que analizan el

impacto del transporte no motorizado como parte de las estrategias sustentables de las grandes urbes, como es el caso de Quito. Lo interesante del presente estudio radica en el empleo de la Metodología de Control Sintético como herramienta que permite construir un grupo Sintético para determinar los efectos del programa BiciQuito sobre la actividad deportiva del cantón Quito.

Todos los estudios descritos en la sistematización teórica sirven de base para el análisis específico del programa BiciQuito, el cual surge a partir de una iniciativa de la Unión Europea para incentivar a la población hacia estilos de vida más activos. De esa manera, la Unión Europea promueve inversiones para desarrollar proyectos de transporte no motorizados. Estos se han presentado en diferentes ciudades de América Latina, incluidas Quito y Cuenca en Ecuador (Montezuma & Fonseca, 2018).

Descripción del Programa BiciQuito

En el caso de Ecuador, el programa BiciQuito³ es el primer servicio de bicicletas públicas implementado en el país. Se presenta como una alternativa de transporte urbano económica y ecológica y opera en la ciudad de Quito desde agosto de 2012 con la construcción de 25 casetas tipo árbol, adecuación de los espacios circundantes a las estaciones y señalización por un costo de USD 222.900 y la adquisición de 425 bicicletas, 200 más se agregaron en septiembre de 2014 (Sistema Oficial de Contratación Pública, 2020).

La inversión inicial del proyecto ascendió a USD 1.796.000. Actualmente cuenta con 658 bicicletas, las cuales se encuentran distribuidas en las 25 estaciones ubicadas principalmente en áreas de afluencia comercial y estudiantil. El programa brinda un servicio

³ El sistema de bicicletas públicas nació con el nombre *BiciQ*, pero fue modificado por *BiciQuito* al cambiar la gestión municipal. Para facilitar la lectura, en el presente documento se emplea la denominación actual.

complementario de transporte fácil y rápido que incluye un trayecto de 8 kilómetros aproximadamente dentro del perímetro urbano ubicado entre la antigua Estación Norte del Trolebús, en La Y, hasta la Plaza de Santo Domingo, en el Centro Histórico.

La Corporación Municipal Vida para Quito (2012) da cuenta que en 1996 se habilitaron los primeros 7.2 kilómetros de vías para el uso de bicicletas en el parque Metropolitano de Quito; y que el primer Ciclopaseo en Quito se llevó a cabo en abril del año 2003 (Gordón Salvatierra, 2012). BiciQuito presta sus servicios todos los días del año con excepción del 1 de enero y el horario de atención es desde las 07:00 hasta las 19:00 horas (BiciQuito, 2020).

Días antes de la inauguración del servicio alrededor de 500 personas estaban inscritas en el sistema de bicicleta pública (El Comercio, 2012). Cuatro días después de su inauguración, habían 1100 inscritos que estaban por estrenar esta novedosa y debutante forma de movilizarse por la ciudad de Quito. Era la primera vez que se ponía a disposición de la ciudadanía, no solo en la capital, sino en todo el país.

El sistema inicialmente permitía la utilización de bicicletas para personas mayores de 16 años de forma ilimitada, y consistía en que el usuario podía tomar una bicicleta en una estación y devolverla en cualquier otra en no más allá de 45 minutos.

En la inauguración del sistema, para acceder al servicio se debía llenar un formulario de inscripción, presentar una planilla de servicio básico, copias de cédula de identidad y papeleta de votación, pagar un valor de 22 dólares de los Estados Unidos válidos por un año de uso, y suscribir un contrato. Después de realizados todos estos se hacía la entrega de un carné al usuario.

El promedio de viajes diarios para el primer año de operación fue de 573 (Agencia Metropolitana de Tránsito, 2017). A partir del segundo año de abrir sus operaciones el servicio

pasó a ser completamente gratuito, lo que trajo como consecuencia un aumento en la demanda del servicio. Entre diciembre de 2013 y junio de 2014 se registró un aumento exponencial de usuarios pasando de 3.500 a 26.800 aproximadamente. De una encuesta realizada por la Secretaria de Movilidad (2020) en el año 2011, de los 5.200.000 viajes diarios en Quito en ese año, 13.000 eran en bicicleta. No se puede aseverar que el número de usuarios registrados representen en igual medida el aumento del uso real del servicio. Sin embargo, es evidente que, en efecto ha aumentado el uso del servicio sobre todo por el aumento en la oferta de unidades disponibles. Los aspectos más valorados por los usuarios radican en el hecho de que el servicio se presta de manera gratuita, el ahorro de tiempo, así como los efectos saludables y ecológicos de su uso (Gartor, 2015).

Este crecimiento de uso de bicicletas y ciclovías ha venido acompañado de políticas públicas que promueven su uso. En este sentido, la primera ordenanza municipal que regula el uso de la bicicleta en el espacio público es la ordenanza No. 3445 *Normas de Arquitectura y Urbanismo* expedida por el Consejo Metropolitano del Distrito Metropolitano de Quito (2003) que “propende al mejoramiento de las condiciones del hábitat definiendo las normas mínimas de diseño y construcción que garanticen niveles normales de funcionalidad, seguridad, estabilidad e higiene en los espacios urbanos”, incluyendo el uso de bicicletas. Por este motivo, y aprovechando la experiencia exitosa de otros países, el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito puso a disposición de la ciudadanía en general un sistema de bicicletas de bajo costo, denominado comúnmente como la *bicicleta pública*, para promover su uso cotidiano.

En torno al programa BiciQuito se han llevado a cabo diferentes tipos de estudios de carácter cualitativo enfocados en el análisis del programa, sobre todo como una alternativa

para incorporar modelos de movilidad sustentables y enfocados a la cuestión del género (Gartor, 2015). Albuja (2017) realizó encuestas a 379 usuarios de BiciQuito entre el 23 de mayo y el 26 de junio del 2016 para medir la incidencia del programa BiciQuito en dimensiones ambientales, económicas y sociales, entre esas la actividad física. Utilizando estadísticas descriptivas encontró que el programa aumenta en promedio 36 minutos de ejercicio al día por persona. Si bien este estudio corrobora nuestros resultados, no existen estudios de carácter cuantitativo que hagan uso de herramientas econométricas que midan el impacto en torno al sistema de bicicletas públicas BiciQuito en la actividad física.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Modelamiento Econométrico

El propósito de este trabajo es estimar el efecto del programa de Movilidad No Motorizada “BiciQuito” sobre la actividad deportiva de las personas en el cantón Quito, al ser un estudio comparativo la complicación fundamental subyace en encontrar un control adecuado que no haya sido afectado por la intervención y que posea características similares a las de la unidad intervenida (Abadie et al., 2010; Collier, 1993; Lijphart, 1971; Sanchez, 2017; citado en Rosado, 2018).

Ante esta limitación, el Método de Control Sintético posee la fortaleza de que, en lugar de utilizar una sola unidad de control (o un promedio simple de unidades de comparación), utiliza un promedio ponderado de un conjunto de comparaciones potenciales o “grupo donante” para proporcionar una unidad de control sintética que se asemeje a la unidad afectada en términos de características y resultados de preintervención (Abadie et al., 2015). Al ser el programa BiciQuito focalizado en un cantón del Ecuador, el enfoque de Control Sintético se presenta como la mejor herramienta disponible para alcanzar conclusiones sobre el efecto del programa.

Se emplea este método para construir una unidad de control sintético para Quito representando las cifras esperadas de la actividad deportiva que Quito habría tenido sino se hubiera implementado el programa BiciQuito. De aquí en adelante esta unidad de control sintético se refiere como “Quito Sintético”.

Este trabajo utiliza la Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU) de diciembre de los años 2010, 2012, 2013 y 2014. No se cuenta con información de la variable dependiente para años distintos a estos. Además, cabe indicar que el programa

Bici Cuenca fue inaugurado en abril 2019, por lo que no se limita el uso de cantones azuayos como cantones de control.

La variable dependiente (porcentaje de personas que practican deporte - *deporte*) y las variables que actúan como controles (porcentaje de personas en el área urbana -*urbano*, porcentaje de personas con algún seguro social - *seguro*, ingreso promedio del trabajo - *Ingreso del trabajo*, porcentaje de mujeres - *mujer*, edad promedio - *edad* y la población total) se calcularon para 162 cantones que conforman los datos para la construcción del grupo sintético (Quito Sintético)⁴.

Hay un panel de datos que consta de 162 cantones durante 4 años, un total de 648 observaciones en el panel, descontando los valores perdidos. Una vez que se procesa la base de datos, se aplica el Método de Control Sintético para construir Quito Sintético mediante un promedio ponderado de los cantones de comparación potenciales. El grupo de donantes incluye una muestra de 161 cantones del Ecuador de las siguientes provincias (excluyendo el cantón Quito): Azuay (9), Bolívar (6), Cañar (5), Carchi (6), Cotopaxi (6), Chimborazo (9), El Oro (11), Esmeraldas (7), Guayas (16), Imbabura (6), Loja (14), Los Ríos (12), Manabí (18), Morona Santiago (4), Napo (4), Pastaza (2), Pichincha (7), Tungurahua (8), Zamora Chinchipe (5), Sucumbíos (2), Francisco de Orellana (3) y una Zona No Delimitada⁵.

El Método de Control Sintético

Este método permite abordar la violación del supuesto de tendencia común reequilibrando unidades tratadas y controles con respecto al desarrollo previo al tratamiento de los resultados de interés, y otros predictores importantes de selección en el tratamiento

⁴ Se proporciona una lista de las variables utilizadas en el análisis en el Apéndice A, junto con su definición y construcción.

⁵ Ver Apéndice B para descripción de los cantones del grupo de donantes.

(Rosado, 2018). En nuestro caso en particular la tendencia de la actividad física de Quito difiere drásticamente de la del promedio del grupo de donantes en el periodo de preintervención y también con respecto a sus características antes del tratamiento (ver Figura 1). Sin embargo, un control sintético puede reproducir de cerca esta trayectoria y se asemeja en términos de predictores.

Con el objetivo de evitar el sesgo de variable omitida, los niveles de actividad física de un cantón dependen de varios factores socioeconómicos que deben controlarse en un análisis de regresión. Como consecuencia, el contrafactual resultante tendrá en cuenta las características socioeconómicas previas al tratamiento de los cantones que son independientes del tratamiento.

Formalmente, suponga que hay $J + 1$ cantones, donde $j = 1$ denota el cantón tratado (Quito en nuestro caso) y $j = 2, \dots, J + 1$ son todos los cantones no tratados en el grupo de donantes (161 en nuestro caso). Los periodos de tiempo están indexados en $t = 1, \dots, T$, donde $T = T_0 + T_1$, específicamente $T_0 = 2010$ y $T_1 = 2012, 2013, 2014$. Sea Y_{jt} la variable respuesta para el cantón j en el tiempo t , el superíndice N denota “no intervención”. En este contexto, Y_{1t} denota la trayectoria observada de la actividad física para Quito, pero se desconoce la trayectoria de la actividad física contrafactual que se habrían producido si Quito no hubiera estado sujeta al tratamiento (Y_{1t}^N para $t > T_0$). Por lo tanto, se tiene que encontrar una estimación de Y_{1t}^N para obtener una estimación del efecto del tratamiento α_{it} :

$$\alpha_{1t} = Y_{1t} - Y_{1t}^N \quad (1)$$

La idea subyacente es encontrar pesos $W = (w_2, \dots, w_{J+1})'$, con $0 \leq w_j \leq 1$ para $j = 2, \dots, J + 1$ y $w_2 + \dots + w_{J+1} = 1$, de modo que el promedio ponderado de todos los cantones del grupo de donantes se asemeja al cantón tratado (Quito) con respecto a la

trayectoria de la actividad física en el periodo previo a la intervención y todos los demás aspectos relevantes (que se denota como el vector de covariables Z_j no afectadas por la intervención).

Formalmente, se busca $W_{j \times 1}$ tal que:

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt} - Y_{1t} = \hat{\alpha}_{1t} \quad \text{y} \quad \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Z_j = Z_1, \quad (2)$$

entonces $\sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt}$ para $t \geq T_0$ es una estimación de la trayectoria de la actividad física contrafactual no observadas de Y_{1t}^N que induce a una estimación del efecto del tratamiento:

$$\hat{\alpha}_{1t} = Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt}, \quad t \geq T_0 \quad (3)$$

En la práctica, un vector de pesos W tal que las ecuaciones (2) y (3) puede no existir de manera exacta, en particular si existen diferencias estructurales entre Quito y los cantones de control. Sin embargo, se pueden elegir los pesos tales que hagan que las expresiones (2) y (3) se cumplan de manera aproximada minimizando la siguiente expresión:

$$\min_w (X_1 - X_0 W)' V (X_1 - X_0 W) \quad (4)$$

donde X_1 denota un vector ($k \times 1$) que contiene los valores de las características de preintervención del cantón tratado (Quito), que puede incluir la trayectoria de la actividad física anterior a la intervención, y X_0 denota una matriz ($k \times j$) de las mismas variables para los cantones j en el grupo de donantes (Abadie et al., 2015, 2010; Abadie & Gardeazabal, 2003). V es una matriz simétrica semidefinida y positiva ($k \times k$) que pondera la importancia relativa de las diversas características incluidas en X . Los pesos óptimos W^* dependen de la

matriz diagonal de ponderación V . Para las estimaciones se sigue lo propuesto por Abadie et al. (2015) al elegir V usando la técnica de validación cruzada⁶.

En otras palabras, se usa el Método de Control Sintético para construir un Quito Sintético a través de una combinación convexa de todas las unidades del grupo de donantes. De hecho, la combinación lineal convexa de las variables de control marca una diferencia respecto a usar únicamente regresión lineal en la evaluación, pues la regresión no restringe los valores de los coeficientes permitiendo extrapolación fuera del soporte de los datos (Abadie et al., 2015). El control sintético resultante es el que minimiza el error cuadrático medio de la predicción⁷. El conjunto de predictores incluye variables tales como nivel de formalidad medido como la afiliación a algún seguro social, ingreso del trabajo, edad, género, área de residencia y población total. Al hacerlo, se supone que estas variables no están siendo afectadas por la intervención y, por lo tanto, no constituyen malos controles en el sentido de Angrist & Pischke (2009).

El Método de Control Sintético no permite realizar inferencia estadística clásica ya que no proporciona errores estándar clásicos. En este caso Abadie et al. (2015, 2010) y Abadie & Gardeazabal (2003) sugieren examinar la significancia de las estimaciones principales a través análisis secundarios o pruebas de placebo. La idea subyacente es estimar las trayectorias contrafácticas de la actividad física para los cantones en el grupo de donantes. En un mundo ideal en el que existiese el universo paralelo del cantón tratado, no se estimarían los efectos de tratamiento para todos los cantones del grupo de donantes y todos los años posteriores al

⁶ Esta técnica consiste en que se construye un contrafactual que coincida con la unidad tratada en el periodo inicial del pretratamiento, de manera que luego coincida con el resto de los periodos de preintervención. Se minimiza el error cuadrático medio tomando como referencia el periodo de validación (Abadie et al., 2015).

⁷ Este indicador mide la falta de ajuste entre la trayectoria de la variable de resultado para la unidad de interés y su contraparte sintética durante los periodos de preintervención (Abadie et al., 2010).

tratamiento. Sin embargo, en la práctica siempre se estiman efectos del tratamiento con placebo al menos en cierta medida. Por lo tanto, se considera que el efecto real del tratamiento es estadísticamente significativo si es significativamente mayor que los efectos del tratamiento con placebo (Rosado, 2018, Abadie et al., 2015; 2010). Este enfoque de inferencia se basa en lo propuesto por Abadie et al. (2015), haciendo uso de las pruebas de robustez con el método “dejando uno fuera” para verificar la validez de las estimaciones del control sintético.

RESULTADOS

La presente sección aplica el Método de Control Sintético para estimar el impacto del programa de Movilidad no Motorizado BiciQuito de 2012 sobre la actividad deportiva de la población del cantón Quito. Utilizando las técnicas descritas en la sección metodológica anterior, se utiliza una combinación de otros cantones del Ecuador para construir un Quito Sintético con pesos elegidos que se asemeje a las características de Quito antes de la implementación del programa de Movilidad no Motorizado BiciQuito en agosto del 2012.

Quito Sintético está destinado a replicar la trayectoria (contrafáctica) de la actividad deportiva que Quito habría experimentado en ausencia de la BiciQuito. Luego se estima el efecto del programa BiciQuito comparando las series del porcentaje de la población que hace deporte real (con BiciQuito) y contrafactual (sin BiciQuito) para Quito.

Construyendo una Versión Sintética para Quito

La Tabla 1 compara las características de pretratamiento de Quito con las de Quito Sintético, y también con las de un promedio ponderado de la población de los 161 cantones del Ecuador en el grupo de donantes. En general, los resultados en la Tabla 1 sugieren que Quito Sintético proporciona una comparación mucho mejor para Quito que el promedio de la muestra de otros cantones del Ecuador.

En general, Quito Sintético es más cercano a Quito que el promedio de los otros cantones en casi todas las variables, edad es la única excepción. En particular, esta similitud es más notoria en seguro, ingreso del trabajo y urbano. Debido a que Quito tuvo el porcentaje de mujeres y la población total más alta en la muestra antes del programa BiciQuito, esta

variable no puede ajustarse perfectamente usando una combinación de los cantones de comparación.

Tabla 1

Media de los Predictores de la Actividad Deportiva Antes del BiciQuito

Predictores	Quito	Quito "Sintético"	Promedio Muestral (Grupo donante)
seguro	0.566	0.561	0.332
ingreso del trabajo	531.823	528.521	56.494
urbano	0.922	0.941	0.357
edad	40.907	38.316	42.802
mujer	0.430	0.322	0.306
poblacion total	2111340.140	983343.869	68983.748

Nota: Las variables de control son promediados para el periodo 2010-2012. La última columna reporta un promedio ponderado de la población para los 161 cantones del Ecuador en el grupo de donantes.

Fuente: Enemdu (2010-2012).

La Tabla 2 muestra la importancia relativa de los predictores de la actividad deportiva, los pesos V elegidos por la validación cruzada indican que los controles más importantes (en orden de mayor a menor peso) son las variables de seguro (0.480), ingreso del trabajo (0.330), urbano (0.177), edad (0.008), mujer (0.004) y finalmente la población total (0.001) tiene menor peso como variable predictora de la actividad deportiva.

Tabla 2*Peso de los Predictores de la Actividad Deportiva*

Cantón	Peso Predictores
seguro	0.480
ingreso del trabajo	0.330
urbano	0.177
edad	0.008
mujer	0.004
población total	0.001

Nota: El error de predicción cuadrático medio es de $6.128107e-14$. Fuente: Enemdu (2010-2012).

La Tabla 3 muestra la lista de los cantones donantes y la participación de cada uno en la construcción de Quito Sintético. Los cantones que tuvieron pesos distintos de cero son Mera (Provincia de Pastaza), Guayaquil (Provincia del Guayas), Chordeleg (Provincia del Azuay), Sozoranga (Provincia de Loja) y Quijos (Provincia de Napo) con pesos iguales al 53%, 42%, 2%, 2% y 1% respectivamente, y el peso es cero para los 156 cantones restantes en el grupo de donantes. Es decir, el mejor contrafactual para Quito es un promedio ponderado de Mera, Guayaquil, Chordeleg, Sozoranga y Quijos, con pesos que disminuyen en este orden.

Tabla 3*Peso Sintético para el Cantón Quito*

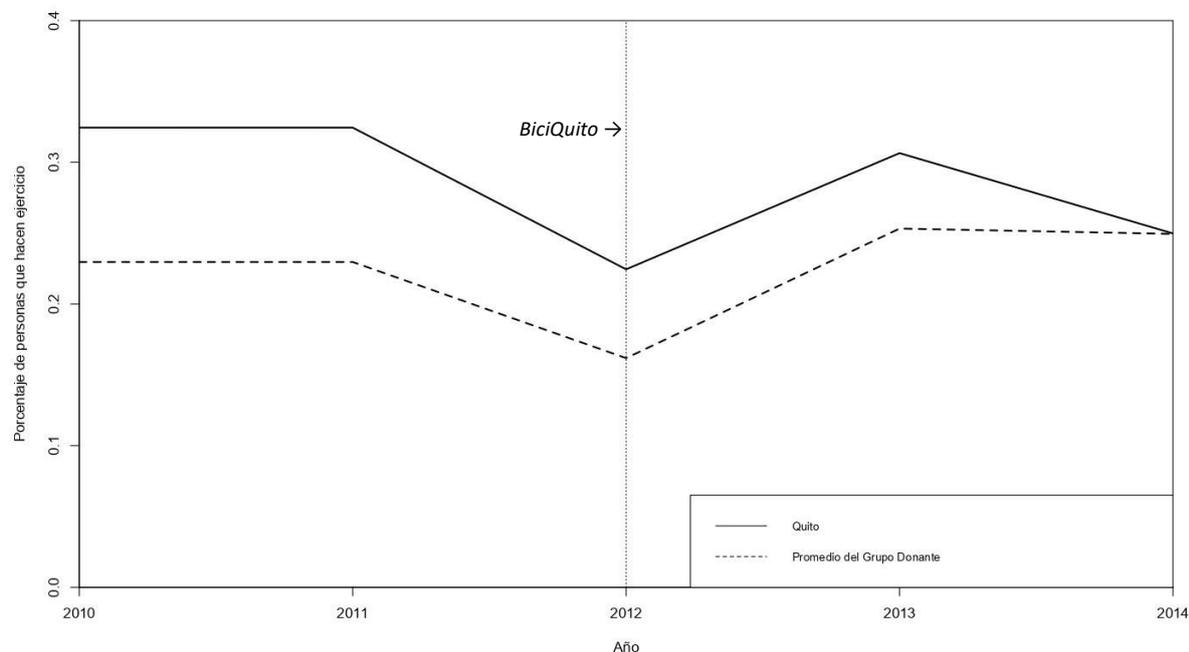
Cantón	Peso Control Sintético
Mera	0.528
Guayaquil	0.419
Chordeleg	0.023
Sozoranga	0.021
Quijos	0.008

Nota: El error de predicción cuadrático medio es de 0.03780263. El peso sintético es el peso del cantón asignado por el Método de Control Sintético. Fuente: Enemdu (2010-2012).

La Figura 1 muestra las tendencias (promedio) en el porcentaje de personas que hacen ejercicio de los cantones del grupo de donantes y Quito entre 2010 y 2014. Aquí se muestra que antes del programa BiciQuito, Quito y el promedio del Grupo de Donantes experimentaron diferentes caminos en el porcentaje de personas que hacen ejercicio. Sin embargo, en la siguiente sección, se muestra que un control sintético puede reproducir de cerca la trayectoria del porcentaje de personas que hacen deporte anterior a 2012 para Quito.

Figura 1

Tendencias en el Porcentaje de Personas que Hacen Ejercicio para Quito y el Grupo Donante



Una vez definido el control sintético, a continuación, mostramos las estimaciones contrafácticas empleando el Método de Control Sintético que permite una trayectoria más cercana de la variable de resultado para la unidad tratada y el control sintético antes de la implementación del programa BiciQuito.

El Efecto del Programa de Movilidad no Motorizada BiciQuito

Se estima el efecto del programa BiciQuito sobre la actividad deportiva del cantón Quito como la diferencia en la participación de personas que hacen deporte en Quito y su contraparte sintética en los años posteriores a la implementación del programa.

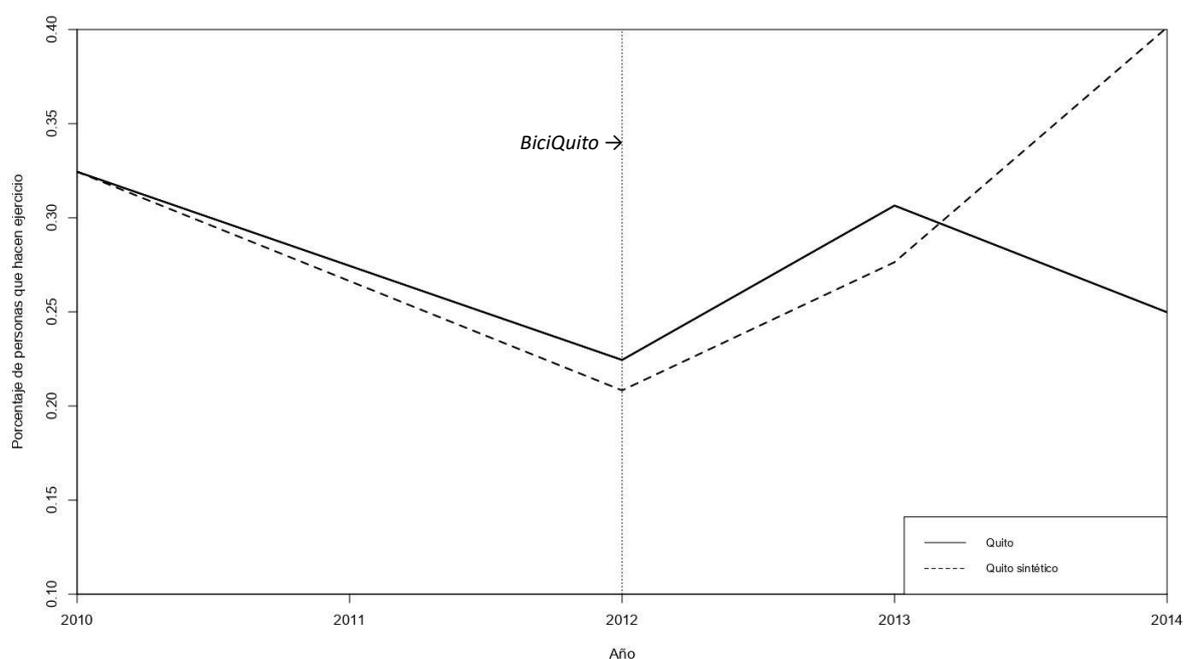
La Figura 2 muestra las tendencias del porcentaje de hogares que realizan actividades deportivas en Quito entre 2010 y 2014, así como su contraparte sintética. Se puede observar que Quito Sintético está bastante cerca de Quito antes de la implementación del programa

BiciQuito. Este ajuste cercano antes de la implementación del BiciQuito de las tendencias es consecuente con los resultados que se obtuvo para los predictores de la actividad deportiva en la Tabla 1. Es decir, se ha logrado reproducir las características y las tendencias en el porcentaje de personas que hacen ejercicio en Quito antes del BiciQuito de 2012 sin que se extrapole fuera del soporte de los datos para el grupo de donantes.

La estimación del efecto del programa BiciQuito sobre la actividad deportiva en Quito viene dada por la diferencia entre Quito y su contraparte sintética después de la implementación del programa en 2012, como se muestra en la Figura 2. Se puede ver que después del primer año de funcionamiento del BiciQuito hay un primer "boom", hay más personas que hacen ejercicio en la capital. Sin embargo, esta tendencia se estanca después de 2013 al mismo tiempo que la tendencia de Quito Sintético comienza a crecer en el mismo año.

Figura 2

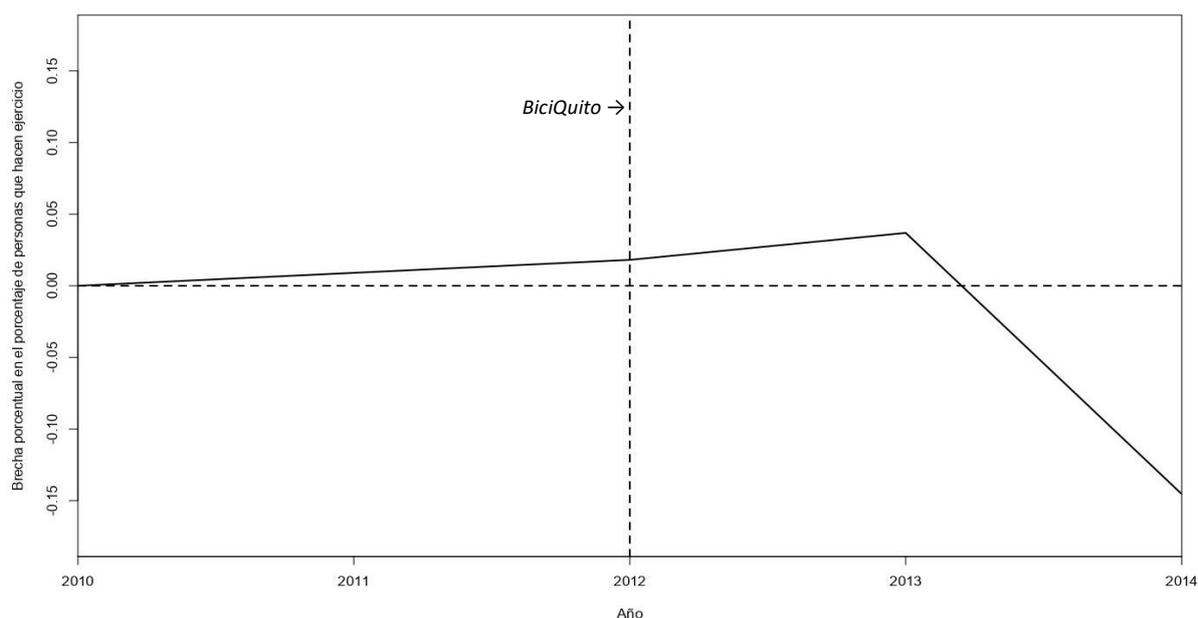
Tendencias en el Porcentaje de Personas que Hacen Ejercicio: Quito vs Quito Sintético



Específicamente la brecha entre Quito y Quito Sintético en el porcentaje de personas que hacen ejercicio para el 2013 es de 3.00% y esta decrece al final del periodo tomando valores de alrededor del 15.1% en el 2014 (Ver Figura 3).

Figura 3

Brecha Porcentual en el Porcentaje de Personas que Hacen Ejercicio entre Quito y Quito Sintético



Se ha encontrado un impacto positivo y significativo, la diferencia entre Quito y su grupo sintético es de 0.00% y 3.00% antes y después de la implementación del BiciQuito respectivamente, un aumento de 3% en el porcentaje de personas que hacen ejercicio para el primer año después de la implementación del programa.

Prueba de Robustez

A continuación, se realiza una verificación de robustez para evaluar la sensibilidad de los resultados principales a los cambios en los pesos de los cantones donantes, W^* . De la Tabla 3 se obtuvo que Quito Sintético se estima como un promedio ponderado de Mera, Guayaquil,

Chordeleg, Sozoranga y Quijos, con pesos que disminuyen en este orden. Aquí se procede a reestimar iterativamente el modelo de referencia para construir un Quito Sintético omitiendo en cada iteración uno de los cantones que recibieron un peso positivo en la Tabla 3⁸. Por ejemplo, una vez que se elimina Mera, un grupo sintético se calcula nuevamente para servir como contraparte de Quito y así para el resto de los cantones que conforman Quito Sintético.

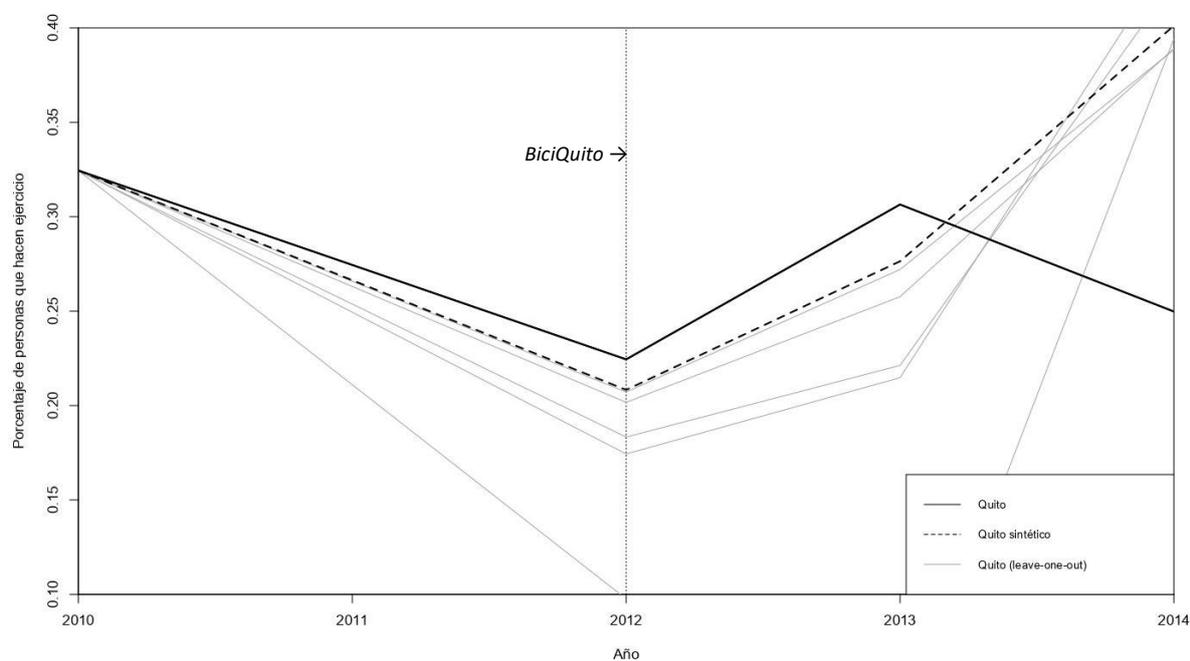
Al excluir a los cantones que recibieron un peso positivo, se sacrifica algo de bondad de ajuste, pero esta prueba de sensibilidad es necesaria para evaluar en qué medida los resultados obtenidos son impulsados por un cantón de control en particular.

La Figura 4 muestra los resultados y reproduce la Figura 2 (líneas negras continuas y discontinuas) al mismo tiempo que incorpora las estimaciones de las pruebas de robustez (5 líneas grises). Esta figura muestra que los resultados del análisis principal son bastante sólidos a la exclusión de cualquier cantón en particular de la muestra de cantones de comparación que conforman el grupo sintético. Cabe indicar que hay una mayor sensibilidad a la exclusión del cantón Mera, esto puede deberse a que constituye el cantón con mayor peso en el grupo sintético, se aprecia que antes de la intervención el grupo es robusto, además de que muestra la misma tendencia al resto de cantones. El control sintético “dejando uno fuera”, que muestra el efecto más pequeño del programa BiciQuito sobre la actividad deportiva, es el de Quijos. Incluso esta estimación es bastante amplia en términos sustantivos: la diferencia entre Quito y su grupo sintético es de 0.00% y 3.43% antes y después de la implementación del BiciQuito respectivamente. Los otros controles sintéticos “dejando uno fuera” exponen un efecto muy similar o ligeramente mayor en comparación con los resultados del análisis anterior.

⁸ Precisamente, para $J = 5,4,3,2,1$ y para todas las combinaciones posibles de cantones de control, se eligió el que produce la unidad de control sintética que minimiza la pérdida definida en la ecuación (4). Para reducir la complejidad computacional, se utilizaron los pesos W^* obtenidos para el modelo de referencia en lugar de intentar recalcular estos pesos para las diferentes combinaciones de j cantones.

Figura 4

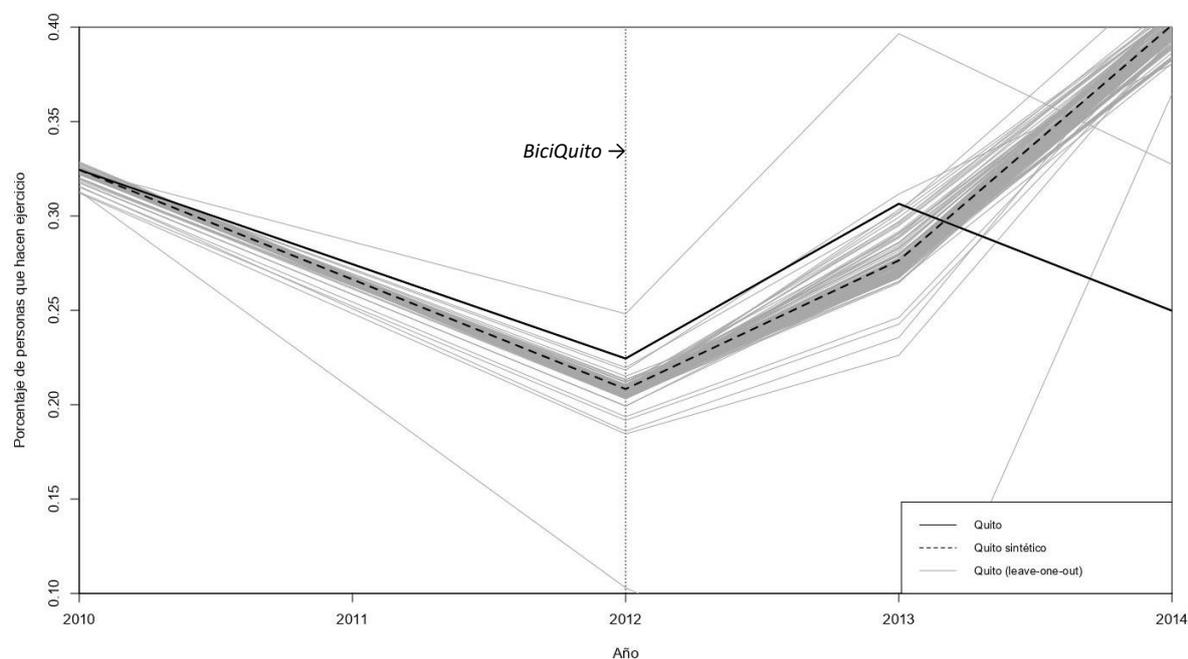
Distribución “Leave-one-out” del Grupo Sintético de Quito



Paralelamente al análisis anterior se realizó la estimación “dejando uno fuera” para los 161 cantones de comparación, es decir se excluye a los cantones que conforman el grupo de donantes uno por uno. La Figura 5 muestra que los resultados del análisis principal son bastante robustos a la exclusión de cualquier cantón en particular de la muestra de cantones de comparación del grupo de donantes. Se aprecia que antes de la intervención el grupo es robusto y muestran la misma tendencia para los periodos de pre y post intervención.

Figura 5

Distribución "Leave-one-out" del Grupo de Donantes de Quito



Es importante mencionar que se realizaron estimaciones análogas para ver la sensibilidad de los resultados ante la omisión de los factores de expansión de la ENEMDU. Aplicando el mismo procedimiento descrito anteriormente obtuvimos que Quito Sintético sin la utilización de los factores de expansión se construye como un promedio ponderado de Cuenca (0.365), Guayaquil (0.339), Durán (0.132), Sozoranga (0.129), Mera (0.034) y Rumiñahui (0.001); mientras que con la utilización de factores de expansión es un promedio ponderado de Mera (0.528), Guayaquil (0.419), Chordeleg (0.023), Sozoranga (0.021) y Quijos (0.008), con pesos que disminuyen en ese orden. Es decir, al no utilizar los factores de expansión el método encontró otro grupo sintético, pero no muy diferente al obtenido inicialmente. Otro resultado obtenido es que luego de la intervención se obtuvo un

incremento en el porcentaje de hogares que hacen deporte en 3.96%, no obstante, el valor de línea base en el 2010 es más alto que en el 2013 (diferencia del 0.10%).

Cabe indicar que no se ha encontrado literatura que analice econométricamente los efectos en las estimaciones del Método de Control Sintético ante el uso o no de factores de expansión cuando se usa encuestas de hogares, no obstante, los resultados sugieren que las estimaciones con y sin factores de expansión son parecidas. Sin embargo, debido a la importancia que tiene los factores de expansión en encuestas con un diseño muestral probabilístico como es el caso de la ENEMDU, los resultados del análisis principal fueron obtenidos utilizando todas las variables expandidas.

Una vez corroborado los resultados principales podemos concluir que el programa de Movilidad no Motorizado BiciQuito tuvo un efecto positivo y significativo en incrementar el porcentaje de personas que hacen ejercicio en el cantón Quito en alrededor del 3% en promedio durante el año subsecuente a su implementación. Sin embargo, los resultados deben ser extrapolados cuidadosamente para el periodo de estimación.

CONCLUSIONES

Se realizó con éxito una primera evaluación cuantitativa del programa de Movilidad no Motorizada BiciQuito. El efecto ha sido positivo de 3% para el primer año luego de la implementación del programa en relación con la variable de estudio: porcentaje de personas que hacen ejercicio. Una forma de entender esta variable de estudio es como un incentivo para realizar actividad física en la población. Debido a los problemas de inferencia que tiene este método (estrategias de identificación), este resultado debe extrapolarse cuidadosamente o limitarlo a este año solamente.

Otro elemento que puede mejorarse y ser susceptible de futuras investigaciones es la relación espacial de la implementación del BiciQuito. En este caso, el papel de la ruta seguida por los carriles para bicicletas jugaría un papel importante, ya sea como una variable de estudio o como una variable de control según el caso.

Es importante mencionar que el programa BiciQuito tuvo un gran efecto positivo en la actividad deportiva en el primer año de funcionamiento del programa para el 2013, sin embargo, para el año 2014 este efecto se redujo a valores del 2012. Lo que indica que el efecto positivo no es necesariamente sostenible en el tiempo.

Finalmente, con respecto al alcance metodológico, este enfoque de evaluación que utiliza control sintético ha demostrado ser relevante para cuando hay datos de unidades agregadas, lo que ocurre con bastante frecuencia y es la ENEMDU una de las fuentes de información socioeconómica que tiene monitoreo permanente. No obstante, cabe señalar que también se abre una puerta interesante de investigación en cuanto al efecto de la inclusión de factores de expansión para determinar los efectos del método utilizado.

REFERENCIAS

- Abadie, A., & Gardeazabal, J. (2003). The economic Costs of Conflict: A Case Study of the Basque Country. *The American Economic Review*, 93(1), 113-132. doi: 10.3386/w8478
- Abadie, A., Diamond, A., & Hainmueller, J. (2010). Synthetic Control Methods for Comparative Case Studies: Estimating the Effect of California's Tobacco Control Program. *Journal of the American Statistical Association*, 105(409), 493-505. doi: 10.1198/jasa.2009.ap08746
- Abadie, A., Diamond, A., & Hainmueller, J. (2015). Comparative Politics and the Synthetic Control Method. *American Journal of Political Science*, 59(2), 495-510. doi: 10.1111/ajps.12116
- Agencia Metropolitana de Tránsito. (2017). *Estudio técnico para la repotenciación del sistema de bicicleta pública BiciQuito*. Alcaldía de Quito. <http://www.amt.gob.ec/>
- Albuja, M. (2017). *¿Cicleando hacia la sustentabilidad? Análisis del Programa de Bicicletas Compartidas en Quito*. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador.
- Anaya, E. (2012). *Balance general de la bicicleta pública en España*. Fundación ECA - Bureau Veritas.
- Andersen, L. (2016). Active commuting: an easy and effective way to improve health. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 4(5), 381-389. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(16\)00053-X](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(16)00053-X)
- Angrist, & Pischke. (2009). *Mostly Harmless Econometrics: an empiricist's companion*. Princeton University Press.
- Antoniades, P., & Chrysanthou, A. (Junio de 2016). European Best Practices in Bike Sharing Systems. T.aT. - Students Today, Citizens Tomorrow.

https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/cycling-guidance/european_best_practice_bikesharing.pdf

Arocha, I. (2019). Sedentarismo, la enfermedad del siglo xxi. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*. Elsevier, 31(5), 233-240.
<https://doi.org/10.1016/j.arteri.2019.04.004>.

Beltrán-Carrillo, V., Pérez-Samaniego, V., Valencia-Peris, A., & Valenciano, J. (2010). ¿Transporte motorizado o transporte activo?: diferentes medios para asistir al lugar de trabajo según género y edad. *IMURCIA*, 169-190.

BiciQuito. (2020, julio). *BiciQuito Bicicleta Pública*. Plan de movilidad del Distrito Metropolitano de Quito. <http://www.amt.gob.ec/>

Cavill, N., Kahlmeier, S., Rutter, H., Racioppi, F., & Oja, P. (2008). Economic analyses of transport infrastructure and policies including health effects related to cycling and walking: a systematic review. *Transport Policy*, 15(5), 291-304.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2008.11.001>.

Consejo Metropolitano del Distrito Metropolitano de Quito. (2003). *Ordenanza No. 3445 Normas de Arquitectura y Urbanismo*. <https://www.registroficial.gob.ec/>

Corporación Municipal Vida para Quito. (2012, julio). *Ciclovías del Distrito Metropolitano de Quito*. <https://www.institutodelaciudad.com.ec/>

Fernández, J., & Elena, M. (2019). *Efectividad de las estrategias de promoción de transporte activo*. Universitat de les Illes Balears.

Gartor, M. (2015). El sistema de bicicletas públicas BiciQuito como alternativa de movilidad sustentable: Aportes y Limitaciones. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de*

- Estudios Socioambientales* (18), 249-63.
<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.18.2015.1639>
- Gordón Salvatierra, M. (2012). Movilidad Sustentable en Quito: una visión de los más vulnerable. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/> 1-159
- Götschi, T., Garrard, J., & Giles-Corti, B. (2015). Cycling as a Part of Daily Life: A Review of Health Perspectives. *Transport Reviews*, 36(1), 45-71.
<https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1057877>
- Government Offices of Sweden. (21 de septiembre de 2017). *Clear environmental profile in budget for 2018*. Recuperado el 17 de Julio de 2020 de <https://www.government.se/articles/2017/09/clear-environmental-profile-in-budget-for-2018/>.
- Hidalgo, R. A. (julio de 2018). Movilidad no motorizada: delineando contornos conceptuales e históricos *Ciudades*.
<https://leerlaciudadblog.files.wordpress.com/2016/05/ciudades119.pdf>
- Huizenga, C. (2013). Implementation of sustainable urban transport in Latin America. *Elsevier*, 1(40), 66-77. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2012.06.034>
- Jakovcevic, A., Franco, P., Visona, M., & Ledesma, R. (2016). Percepción de los beneficios individuales del uso de la bicicleta compartida como modo de transporte. *Elsevier*, 1(23), 33-41. <https://doi.org/10.1016/j.sumpsi.2015.11.001>
- Jordi, M. (2017). *Estudio de percepciones sobre la salud en usuarios de la bicicleta como medio de transporte*. *Salud Colect*, 55-80.
- Kriit HK, W. J. (2019). *Health economic assessment of a scenario to promote bicycling as active transport in Stockholm, Sweden*. *BMJ Open*.

- Llovera , A. (2016). Movilidad Urbana Transporte con bajas emisiones de gases. *Revista cultural de nuestra América*, 91(1), 57-61.
<http://www.revistas.unam.mx/index.php/archipelago/article/view/55183/48971>
- Montezuma, R. (2011). *Ciudadanos, calles y ciudades*. Universidad Del Rosario.
- Montezuma, R., & Fonseca, S. (2018). *Plan integral de movilidad no motorizada y espacio público*. Corporación Andina de Fomento.
<http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1383>
- Nieuwenhuijsen, M., & Rojas, D. (2020). Bike sharing systems and health, *Advances in Transportation and Health*. Elsevier, 239-250. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819136-1.00010-3>
- Organización Mundial de la Salud. (1 de abril de 2020). *Obesidad y sobrepeso*.
[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight#:~:text=%2Fm2\).-,Adultos,igual%20o%20superior%20a%2030](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight#:~:text=%2Fm2).-,Adultos,igual%20o%20superior%20a%2030)
- Puente, D. (27 de julio de 2012). La bici pública rodará desde el martes *El Comercio*.
<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/bici-publica-rodara-martes.html>
- Rosado, A. (2018). Usando el método de control sintético para analizar la efectividad del Protocolo de Kioto para reducir las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O en España. *Revista de Economía del Rosario*, 21(2), 341-379.
<https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.7203>
- Secretaría de Movilidad. (2020). *Informe de resultados de la Encuesta a usuarios, sobre el mejoramiento de la calidad del servicio de transporte público en el Distrito Metropolitano de Quito*. <https://secretariademovilidad.quito.gob.ec/>

Shahidur R., K., Gayatri B., K., & Hussain A., S. (2010). *Handbook on Impact Evaluation*.

Washington, DC: The World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/2693>

Sistema Oficial de Contratación Pública. (8 de julio de 2020). *Adquisición e instalación de casetas tipo árbol para las estaciones (paradas) de la bicicleta pública de quito BICIQ; obras de adecuación de los espacios circundantes a las estaciones y, señalización.*

<https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras>

Wanner, M., Götschi, T., Martin-Diener, E., Kahlmeier, S. , & Martin, B. (2012). Active

Transport, Physical Activity, and Body Weight in Adults. *American Journal of Preventive Medicine*, 42(5), 493–502. doi: 10.1016/j.amepre.2012.01.030

White, H. (2009). *Theory-Based Impact Evaluation: Principles and Practice*. New Delhi: Global

Development Network. <https://gwbweb.wustl.edu/Resources-and-Initiatives/Professional-Development/Documents/White-3ie-2009.pdf>

APÉNDICE A

Para la construcción de Quito Sintético a continuación se describe las variables utilizadas en la metodología propuesta para el estudio.

Deporte: Porcentaje de la población (12 años y más) que practican deporte. Los datos para esta variable “p79” en la ENEMDU 2010-2014 toma valor de 1 si el encuestado practicó algún deporte la semana pasada y 2 caso contrario. Por lo tanto, para crear una variable dicotómica fueron recodificados con valor de 0 si el encuestado no hizo ejercicio y 1 caso contrario, siendo la categoría de referencia hizo deporte.

Urbano: Porcentaje de la población total que residen en el área urbana. La variable “área” en la ENEMDU 2010 - 2014 toma valor de 1 para las personas que residen en el área urbana y 2 para rural. Por lo tanto, para crear una variable dicotómica fueron recodificadas con valores de 0 para el área rural y 1 área urbana, siendo la categoría de referencia el área urbana.

Seguro: Nivel de formalidad medido como la afiliación o cobertura algún seguro social. La variable “p05a” en la ENEMDU 2010 – 2014 se codifica con 1 si el encuestado se encuentra afiliado al "IESS, Seguro General", 2 "IESS, Seguro Voluntario", 3 "IESS, Seguro campesino", 4 "Seguro del ISSFA o ISSPOL", 5 "Seguro de salud privado con hospitalización", 6 "Seguro de salud privado sin hospitalización", 7 "AUS", 8 "Seguros Municipales y de Consejos Provinciales", 9 "Seguro MSP" y 10 ninguno. Por lo tanto, para crear una variable dicotómica fueron recodificados las categorías del 1 al 9 con valor de 1, es decir el encuestado tiene algún seguro y la categoría de 10 como 0 que se refiere a no tener seguro, siendo la categoría de referencia tener seguro.

Mujer: se refiere al género del encuestado. La variable p02 en la ENEMDU 2010-2014 toma valor de 1 para hombre y 2 para mujer. Por lo tanto, para crear una variable dicotómica fueron recodificados valor de 0 si la persona encuestada es mujer y 1 si es hombre, siendo la categoría de referencia mujer.

Edad: la variable p03 se refiere a los años cumplidos que tiene el encuestado en el momento de la entrevista.

Ingresos del Trabajo: la variable ingrl en la ENEMDU 2010- 2014 se refiere al ingreso laboral promedio del encuestado, expresados en valores corrientes.

Población: para calcular esta variable se utilizó el factor de expansión para estimar la población total.

APÉNDICE B

Tabla 4

Grupo de Donantes para el Grupo Sintético: Quito Sintético

Cantón	Peso Control Sintético	Cantón	Peso Control Sintético	Cantón	Peso Control Sintético
Cuenca	0.000	Muisne	0.000	Bolívar	0.000
Girón	0.000	Quinindé	0.000	Chone	0.000
Gualaceo	0.000	San Lorenzo	0.000	El Carmen	0.000
Nabón	0.000	Atacames	0.000	Flavio Alfaro	0.000
Paute	0.000	Río Verde	0.000	Jipijapa	0.000
Pucará	0.000	Guayaquil	0.419	Junín	0.000
Santa Isabel	0.000	Balao	0.000	Manta	0.000
Sígsig	0.000	Balzar	0.000	Montecristi	0.000
Chordeleg	0.023	Colimes	0.000	Paján	0.000
Guaranda	0.000	Daule	0.000	Pichincha	0.000
Chillanes	0.000	Durán	0.000	Rocafuerte	0.000
San José de Chimbo	0.000	El Empalme	0.000	Santa Ana	0.000
Echeandía	0.000	El Triunfo	0.000	Sucre	0.000
San Miguel	0.000	Milagro	0.000	Tosagua	0.000
Caluma	0.000	Naranjal	0.000	24 de Mayo	0.000
Azogues	0.000	Naranjito	0.000	Pedernales	0.000
Biblián	0.000	Pedro Carbo	0.000	San Vicente	0.000
Cañar	0.000	Samborondón	0.000	Morona	0.000
La Troncal	0.000	Urbina Jado	0.000	Santiago	0.000
El Tambo	0.000	Yaguachi	0.000	Sucúa	0.000
Tulcán	0.000	Nobol	0.000	Taisha	0.000
Bolívar	0.000	Ibarra	0.000	Tena	0.000
Espejo	0.000	Antonio Ante	0.000	Archidona	0.000
Mira	0.000	Cotacachi	0.000	El Chaco	0.000
Montúfar	0.000	Otavalo	0.000	Quijos	0.008
San Pedro de Huaca	0.000	Pimampiro	0.000	Puyo	0.000

Latacunga	0.000	S. Miguel de Urcuquí	0.000	Mera	0.528
La Maná	0.000	Loja	0.000	Quito	0.000
Pangua	0.000	Calvas	0.000	Cayambe	0.000
Pujilí	0.000	Catamayo	0.000	Mejía	0.000
Salcedo	0.000	Celica	0.000	Pedro Moncayo	0.000
Saquisilí	0.000	Chaguarpamba	0.000	Rumiñahui	0.000
Riobamba	0.000	Espíndola	0.000	S. Miguel de los Bancos	0.000
Alausí	0.000	Gonzanamá	0.000	Pedro V. Maldonado	0.000
Colta	0.000	Macará	0.000	Puerto Quito	0.000
Chambo	0.000	Paltas	0.000	Ambato	0.000
Chunchi	0.000	Puyango	0.000	Baños	0.000
Guamote	0.000	Saraguro	0.000	Cevallos	0.000
Guano	0.000	Sozoranga	0.021	Mocha	0.000
Pallatanga	0.000	Zapotillo	0.000	Patate	0.000
Cumandá	0.000	Pindal	0.000	Quero	0.000
Machala	0.000	Babahoyo	0.000	San Pedro de Pelileo	0.000
Arenillas	0.000	Baba	0.000	Santiago de Píllaro	0.000
Atahualpa	0.000	Montalvo	0.000	Zamora	0.000
Chilla	0.000	Puebloviejo	0.000	Nangaritza	0.000
El Guabo	0.000	Quevedo	0.000	Yacuambi	0.000
Huaquillas	0.000	Urdaneta	0.000	Yantzaza	0.000
Pasaje	0.000	Ventanas	0.000	Palanda	0.000
Piñas	0.000	Vinces	0.000	Lago Agrio	0.000
Portovelo	0.000	Palenque	0.000	Shushufindi	0.000
Santa Rosa	0.000	Buena Fe	0.000	Orellana	0.000
Zaruma	0.000	Valencia	0.000	La Joya de los Sachas	0.000
Esmeraldas	0.000	Mocache	0.000	Loreto	0.000
Eloy Alfaro	0.000	Portoviejo	0.00	Manga Del Cura	0.000

Nota: Elaboración propia.