

# Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los estudiantes de la UCB (Campus Tupuraya), por el uso de transporte y propuestas de mitigación

## *Estimation CO2 emissions of UCB students (Campus Tupuraya), by the transport use and mitigation proposals*

T. D. I. Michelle Fernández Vázquez & Nazaria Andrea Lazzo

Departamento de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad Católica Boliviana San Pablo, calle M. Márquez s/n esq. Parque J. Trigo, Tupuraya, Cochabamba

tdimichelle@gmail.com

**Resumen:** En la presente investigación se realizaron encuestas que permitieron obtener la información del tipo de unidad de transporte, frecuencia de uso y distancia recorrida en su trayecto de los estudiantes de la UCB. Obteniendo estos datos se realizaron los cálculos correspondientes de acuerdo a factores de emisión asociados al tipo de vehículo. Las aproximaciones nos demostraron que el tipo de transporte más utilizado es el masivo que en contraste con el tipo de transporte no masivo nos dio una cifra de 601,06 Ton/año cifra que demuestra que debido a la predominancia de uso de transporte masivo no se emiten grandes cantidades por el transporte estudiantil.

**Palabras clave:** Movilidad urbana, Huella de carbono, Gases de Efecto Invernadero, Transporte, Cálculo de emisiones

**Abstract:** In the present investigation, surveys were carried out to obtain information on the type of transport unit, frequency of use and distance traveled along its route of the UCB students. Obtaining these data were the corresponding calculations according to emission factors associated with the type of vehicle. The approximations showed that the type of transport most used is the massive one, which in contrast with the type of non-massive transport gave us a figure of 601.06 Ton / year, which shows that due to the predominance of mass transit use, large amounts of carbon are not emitted by student transportation.

**Key words:** urban mobility, carbon footprint, greenhouse gases, transport, calculation of emission

## 1 Introducción

En las últimas tres décadas la sustentabilidad del ambiente ha sido una problemática que ha tomado gran importancia en la sociedad por ser un medio de integración de las distintas instituciones y sectores de la sociedad con la

conservación del ambiente para el bienestar de la población actual y el de las futuras generaciones. Para lograr la sustentabilidad ambiental se requieren cambios en la sociedad y la cultura ya que es un tema que nos concierne a todos; también es necesaria la construcción de nuevas relaciones políticas y económicas internacionales y nacionales y la transformación de culturas acumulativas, en culturas que reconozcan la fragilidad ambiental y se basen en ellas (Galano, y otros, 2002).

A nivel mundial se han tomado varias iniciativas para promover la sustentabilidad del ambiente y la conservación de ecosistemas, uno de estos intentos más sobresalientes para contrarrestar el efecto negativo que tenemos sobre el planeta fue el Protocolo de Kyoto cuyo principal objetivo es reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero por parte de países adheridos a él, estos gases son: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidro-fluoro-carbonos (HFCs), Per-fluoro-carbonos (PFCs), Hexa-fluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

A causa de esta necesidad de reducir las emisiones de GEI nace la huella de carbono como un instrumento para contabilizar las emisiones de GEI de cada país y que también sirve para evaluar el impacto potencial sobre el calentamiento global de un individuo, producto, actividad o empresa.

Hoy en día se reconoce que el calentamiento global es la mayor amenaza para el desarrollo ambiental y económico a nivel mundial. Desde la perspectiva del cambio climático, el transporte representa un sector con particular relevancia. En términos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), el transporte es responsable del 13,1% del total y del 22% de los provenientes del consumo energético (International Energy Agency, 2010).

El año 2014 el parque automotor en el país ha llegado a 1,45 millones de unidades, de las cuales 78,8% se encuentran en La Paz, Cochabamba y Santa Cruz (La Razón, 2016). En los últimos dos años el parque automotor de Bolivia ha incrementado exponencialmente en más del 20% y Cochabamba es el tercer departamento con más unidades de motorizados del país lo que causa que la ciudad tenga un alto nivel de contaminación atmosférica (Nava, 2017). Según los datos estadísticos del INE, el parque automotor en Cochabamba ha incrementado 13 veces su tamaño durante los últimos 15 años y el 86% del total corresponde a vehículos particulares.

Este crecimiento exponencial en el parque automotor en Bolivia ha provocado el deterioro de la calidad del aire, el incremento de la congestión vehicular y el aumento de los accidentes de tránsito.

Por otro lado, la movilidad urbana sostenible es un concepto que relaciona el bienestar de las personas y la utilización de alternativas como el transporte

sostenible que busca una combinación entre el uso de transporte masivo y medios alternativos para conseguir disminuir la emisión de gases de efecto invernadero que a su vez acarrea otros problemas a los que la gente diariamente se ve expuesta.

Dicho incremento se manifiesta en la gran mayoría de la población cochabambina y se lo puede observar con claridad en la población universitaria. Actualmente no existen datos acerca de la huella de carbono de la población estudiantil y la presente investigación pretende realizar una aproximación a la huella de carbono que emiten los estudiantes de la Universidad Católica Boliviana “San Pablo” en su trayecto a la universidad.

## 2 Planteamiento del problema de investigación

El sector del transporte es el mayor consumidor de energía fósil en Bolivia, y consiguientemente, reducir las emisiones de GEI y luchar contra el cambio climático, necesariamente implica trabajar en un sector de transporte más limpio, como se puede apreciar en la Figura 1.

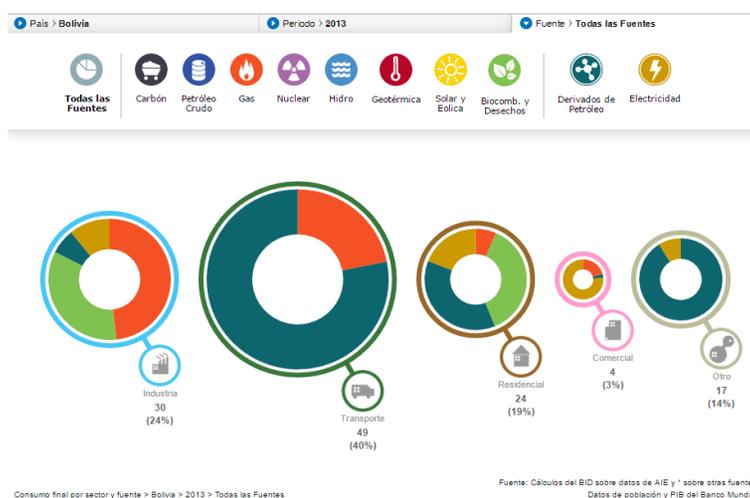


Figura 1: Consumo de energía en Bolivia por Sectores.

Fuente: Fernández, 2017

Por otro lado, América Latina y también Bolivia, viven un proceso de urbanización acelerado. En América Latina el 85% de la población vive en ciudades (Fernández, 2017), mientras que en Bolivia de acuerdo al Censo de 2012, el 67,5% de la población habita en ciudades (INE, 2013), por otro lado el tema de movilidad urbana es vital para las ciudades, en los últimos 20 años la ocupación del espacio urbano por los automóviles ha crecido excesivamente, afectando considerablemente la calidad de vida y seguridad de la población, donde las

ciudades más grandes de Bolivia se están convirtiendo en ciudades agresivas y caóticas (CEDIB, 2016).

La población no está consciente del impacto que supone su movilización diaria según el tipo de transporte que utiliza, en ese sentido, el desarrollar investigaciones puntuales que ayuden a visualizar este problema y que permita entender mejor la problemática del transporte es importante, pues con información de primera mano y experiencias cotidianas, adecuadamente presentadas, se puede incidir en grupos con alta capacidad de asimilación de conceptos como la “sostenibilidad”, el medio ambiente, cambio climático, calidad de aire y otros que son claves para promover un cambio de actitud. Los estudiantes de la UCB suponen un grupo ideal para este cometido.

Si no se hace nada al respecto los niveles de contaminación y de emisión de gases de efecto invernadero seguirán aumentando y la población seguirá sin tomar conciencia de este problema por la falta de información que existe acerca del mismo.

Este crecimiento de los medios de transporte también se ha visto reflejado en la población estudiantil de la UCB, un claro ejemplo es el aumento de las zonas de parqueo en la universidad. Actualmente no existe información acerca de las emisiones de CO<sub>2</sub> de los estudiantes de dicha institución; es por estas razones que se realizó la presente investigación, que tuvo como principal objetivo estimar la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> de los estudiantes de la UCB según la unidad de transporte que utilizan en su recorrido a la universidad. Para cumplir con dicho objetivo se buscó: clasificar las unidades de transporte público y privado a través de revisión bibliográfica de acuerdo a sus factores de emisión de CO<sub>2</sub>; caracterizar la unidad de transporte estudiantil de la UCB a través de una encuesta que permita obtener información acerca de la frecuencia de uso y la distancia recorrida en la unidad; calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> en función de la clasificación realizada.

### **3 Sustento teórico**

#### **3.1 Huella Ecológica**

La noción de Huella Ecológica se instaló a comienzos de la década de 1960 a partir de estudios pioneros que surgieron al observarse una aceleración del crecimiento económico, del consumo per cápita y del uso de recursos naturales en las economías más desarrolladas. El precio que se estaba pagando a cuenta de ese enriquecimiento material era la degradación y destrucción de suelos, agua, aire, bosques y el hábitat que sirve de refugio a la diversidad biológica. La conclusión más impactante de esos trabajos, típicamente Maltusianos, fue que la sobrecarga ecológica producida por el desarrollo social y económico conduciría a una auto-destrucción y a un empobrecimiento de los recursos del planeta (Viglizzo, 2010)

El concepto de Huella Ecológica es simple: consiste en convertir los flujos de energía y materia de un país o región en su equivalencia de tierra y agua utilizada. Es un instrumento de contabilidad que permite estimar los requerimientos de consumo y los requerimientos de asimilación de desechos de una población o país o en relación a la cantidad de tierra productiva que dispone (Wackernagel y Rees, 2001). De esta manera, hay países que tiene una pauta de consumo mayor a su capacidad biológica para producir los bienes que consume, mientras otros países tienen una capacidad biológica de producción que excede a lo que realmente consumen. En general los países desarrollados caen en la primera categoría y por ellos se dice que tienen una elevada Huella Ecológica. No solamente utilizan todas sus tierras disponibles para producir, sino que deben recurrir a las tierras de terceros países para adquirir los bienes demandados (Viglizzo, 2010).

Por definición el área ecosistémica total esencialmente necesaria para la supervivencia de la ciudad corresponde de facto a su Huella Ecológica en el planeta, que evidentemente será proporcional a su población y a su consumo de materiales per cápita. La huella Ecológica incluye todos los suelos requeridos por la población estudiada, las ciudades y países enteros sobreviven en base a bienes ecológicos y servicios, ya sea a partir de flujos naturales o adquiridos mediante transacciones comerciales del resto del mundo. Por lo tanto, la Huella Ecológica representa también la “capacidad de carga apropiada” total de una población (Wackernagel, 2001).

### 3.2 Huella de carbono

Los indicadores de Huella Ecológica suelen ser cuestionados por ecólogos y ambientalistas porque ofrecen valoraciones muy genéricas de daño ambiental, sin diferenciar impactos específicos que permitirían abordar soluciones en forma puntual. No obstante, existen iniciativas que apuntan a diferencias “huellas” de mayor especificidad temática como la Huella de Carbono que adquiere importancia cuando la sociedad global se percata que las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por el hombre tienen un impacto directo sobre el actual calentamiento global que sufre el planeta. No se observan señales de reversión de tendencias en la emisión de GEI y es poco probable que, aun revirtiendo esas tendencias, en las próximas décadas se detenga el proceso de calentamiento global (Viglizzo, 2010).

La huella de carbono (HC) es una medida que trata de cuantificar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero expresada en equivalentes de CO<sub>2</sub>. La HC representa el 50% de la Huella Ecológica total de la humanidad y es el componente que crece más rápidamente y genera mayor preocupación por sus efectos potenciales sobre el cambio climático. (Viglizzo, 2010).

La huella de carbono se expresa en tres parámetros básicos: emisiones en toneladas de carbono, área de la superficie de la Tierra necesaria para secuestrar dichas emisiones e intensidad de carbono o emisiones de carbono por unidad de producción. La medición de la huella de carbono provee un estimado de la cantidad total de gases de efecto invernadero emitidos durante el ciclo de vida de un bien o servicio, por ejemplo, desde la extracción de materias primas, producción, transporte, almacenamiento y uso, hasta su disposición final (Plassmann, 2010).

### 3.3 Gases de efecto invernadero

Son gases que se encuentran presentes en la atmósfera terrestre y que dan lugar al fenómeno denominado efecto invernadero. Su concentración atmosférica es baja, pero tienen una importancia fundamental en el aumento de la temperatura del aire próximo al suelo, haciéndola permanecer en un rango de valores aptos para la existencia de vida en el planeta (Camilloni, 2014).

Los gases de invernadero más importantes son: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) clorofluorocarbonos (CFC) y ozono (O<sub>3</sub>).

Tabla 1. Gases de Efecto Invernadero de mayor importancia

Gas	Fuente	Concentración actual (ppm*)	Crecimiento anual (%)
Dióxido de carbono	-Combustión de carburantes fósiles (petróleo, gas, hulla) y madera -Erupciones volcánicas	353	0.5
Metano	-Descomposición anaeróbica de vegetales en tierras húmedas (pantanos, ciénagas, arrozales) -Combustión de biomasa -Venteo de gas natural	1.7	0.9
Óxido nitroso	-Prácticas agrícolas (uso de fertilizantes nitrogenados) -Combustión de carburantes fósiles	0.31	0.8
Clorofluorocarbonos	-Origen sintético (propelentes de aerosoles, refrigeración, espumas)	0.00028 - 0.00048	4.0
Ozono troposférico	-Combustión de carburantes fósiles	0.02 - 0.04	- 2.0

Fuente: Camilloni, 2014

### 3.4 Emisiones que genera el sector Transporte

Desde la perspectiva del cambio climático, el transporte representa un sector con particular relevancia. Además de ser responsable de una parte importante de las emisiones globales, la dinámica de sus emisiones lo muestra como el sector de mayor crecimiento y el más acelerado. En términos de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a nivel global, el transporte es responsable del 13,1% del total (Figura 1), y del 22% de los provenientes del consumo energético, sólo superado por la generación de energía eléctrica y calefacción (International Energy Agency, 2010). Entre el año 1970 y el 2006 las emisiones globales provenientes del sector crecieron un 130%.

Debido a la rápida urbanización, el aumento en el nivel de motorización y de la edad del parque automotor, el nivel de emisiones de GEI en Latinoamérica en las últimas décadas creció a un nivel mayor que los otros sectores relacionados al consumo de energía. En las áreas urbanas, cerca del 70% de las emisiones de GEI del transporte automotor provienen del uso de automóviles particulares, a su vez los principales responsables por la congestión y polución del aire. Las perspectivas presentan un escenario aún más complejo: se espera un incremento global en las emisiones de GEI del sector transporte de aproximadamente 57% para el período 2005-2030 (Huizenga, 2010). Ante el alza de precios y los signos de escasez que presentan los combustibles fósiles (especialmente el petróleo) resulta conveniente pensar alternativas para moderar la tendencia al aumento de demanda. Además de la contribución a la lucha contra el cambio climático, este escenario jerarquiza la necesidad de promover medidas tendientes a mejorar el desempeño del sector transporte y viabilizar el salto hacia sistemas sostenibles, eficientes y menos intensivos en carbono.

En el caso de Cochabamba, diferentes publicaciones indican que entre el 80% y 90% de la contaminación atmosférica, proviene del sector autotransporte y adicionalmente se la cataloga como una de las ciudades más contaminadas (Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2016).

### 3.5 Movilidad Urbana

La Movilidad Urbana es un concepto relacionado con la mejora de la calidad de vida de las personas, el cual supera el enfoque tradicional de transporte y tránsito que son elementos estrictamente técnicos. Mientras el concepto tradicional de transporte, se centra en el análisis y provisión de infraestructura para el transporte, Movilidad Urbana tiene una visión de las diferentes formas en la que las personas y mercaderías pueden transportarse de un lugar a otro. Este último enfoque es mucho más humanista.

Desde el punto de vista de las necesidades humanas, la movilidad es una necesidad transversal a otras, puesto que es un medio para satisfacer las necesidades básicas de las personas (salud, educación, seguridad, etc.). En el ámbito legal, la movilidad es un derecho establecido en el artículo 13 de la Declaración Universal de Derechos Humanos que textualmente indica: “Toda persona tiene derecho a circular libremente y elegir su residencia en un territorio de un Estado”. (Limpio, 2012)

### **3.6 Movilidad Urbana sostenible**

En Bolivia el parque automotor se ha incrementado de manera notable en los últimos años; en el periodo 1998 – 2009 el número de vehículos en el país ha pasado de 96.634 vehículos en 1998 a 910.333 vehículos presentando una tasa de crecimiento anual promedio del 29% llegando el año 2014 a 1,45 millones de unidades (INE, 2016). Este crecimiento exponencial en el parque automotor en Bolivia ha provocado el deterioro de la calidad del aire, el incremento de la congestión vehicular y el aumento de los accidentes de tránsito. En este escenario, es necesario que los actores involucrados (autoridades, transportistas y ciudadanía en general) realicen esfuerzos de concertación que se traduzcan en medidas correctivas concretas para aliviar esta situación.

El cambio y la mejora del actual sistema de transporte es posible; más aún si se considera que en 2011 se promulgó la Ley General de Transporte N° 165, la cual establece los lineamientos centrales para las políticas de transporte en el territorio nacional y prevé la elaboración de diversos instrumentos de planificación en los diferentes ámbitos estatales (gobierno central, gobiernos departamentales y sobretodo gobiernos municipales). En el caso de los gobiernos autónomos municipales la ley ratifica las competencias exclusivas delegadas por la Constitución Política del Estado y da un mandato para la elaboración del Programa Municipal de Transporte (PROMUT) el cual se constituye en el instrumento de planificación de la movilidad urbana.

### **3.7 Transporte sostenible**

Considera como elemento central la complementariedad de los diferentes modos de transporte (buses, minibuses, ferrocarriles) en el sentido que éstos no compiten por el espacio público; este hecho supone una red de transporte donde no exista superposición de los servicios de transporte y la prestación de los servicios se realice de manera coordinada. El término sostenible hace referencia a modos de alta eficiencia energética, bajos en contaminación y reducción o eliminación de aquellos que afectan la calidad de vida, por ejemplo, el uso del transporte masivo y la consecuente reducción de vehículos particulares y minibuses en las calles, genera la reducción de gases de efecto invernadero, reduce el ruido, los

tiempos muertos de espera y tránsito utilizados en el transporte y amplía el espacio público disponible para los ciudadanos.

El transporte sostenible implica la combinación de los diferentes modos de transporte combinados de manera ingeniosa, incluyendo a la caminata y a la bicicleta (transporte no motorizado) como elementos complementarios al transporte de alta capacidad y de gran calidad (transporte masivo).

La movilidad se inicia y termina caminando por lo que el diseño del sistema de transporte sostenible debe incluir la mejora de las aceras y la implantación de las vías peatonales exclusivas principalmente en el “casco viejo de las ciudades”. El uso de la bicicleta, como medio de transporte, es otro aspecto importante para el transporte sostenible por lo que es necesario superar el uso estrictamente recreativo de este modo de transporte a través del desarrollo de ciclo vías, rutas complementarias y estacionamientos seguros y fiables.

El transporte masivo tiene características de alta capacidad, permite generar mayores volúmenes de personas transportadas, para ser sostenible el transporte masivo debería ser de gran calidad, sin embargo, en el país este tipo de transporte no es tan eficiente como se desearía ya que hay demasiadas barreras sociales y tecnológicas que impiden o retrasan la sostenibilidad en el transporte público.

Una característica básica del transporte masivo, es la intermodalidad entendida como la integración de los diferentes modos de transporte (bicicletas, buses, red de metro y de ferrocarriles urbanos, teleféricos, etc.) en una red interconectada que permite generar ventajas en términos de fiabilidad, seguridad y puntualidad para los usuarios. Otra característica, consiste en el establecimiento de tarifas de transporte al alcance de los usuarios (precios del servicio), especialmente de aquellos ciudadanos que por sus limitados ingresos usan de manera continua el transporte público. (Limpio, 2012)

De acuerdo a la clasificación realizada anteriormente se puede deducir que todo transporte que tenga una capacidad de personas muy reducida es considerado no masivo y se trabajará con estas dos clasificaciones a lo largo de la investigación.

#### **4 Metodología**

La metodología diseñada para esta investigación comprende tres etapas:

- a) Primera etapa: se clasificaron las unidades de transporte de acuerdo a sus factores de emisión de CO<sub>2</sub>, esto se realizó en base a revisión bibliográfica acerca de los tipos de transporte y de los factores estándar de emisión de CO<sub>2</sub>.
- b) Segunda etapa: se caracterizaron las unidades de transporte estudiantil de la UCB, utilizando como instrumento una encuesta que se aplicó a los estudiantes de la institución. Para estimar el tamaño de la muestra se utilizaron factores de variabilidad positiva (90%) y negativa (10%) que aseguraron la representatividad de esta investigación. Dicha encuesta nos permitió conocer el tipo de unidad de transporte utilizado por los estudiantes, que tan frecuentemente utilizan estas unidades de transporte y la distancia que recorren en ellos. Los resultados obtenidos fueron expresados en cuadros, tablas y gráficos.
- c) Tercera etapa: se realizaron los cálculos correspondientes para estimar la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> con factores de conversión y los datos recolectados en los anteriores pasos; la distancia que recorre un estudiante para ir a la universidad es multiplicada por la cantidad de veces a la semana que el estudiante asiste a la institución, este producto se multiplica por el factor de emisiones de CO<sub>2</sub> de acuerdo al tipo del medio de transporte que utiliza el estudiante con mayor frecuencia y el resultado de esta multiplicación es duplicado para hallar la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido en el recorrido de ida y vuelta que realiza el estudiante de su hogar a la universidad y viceversa.

Los datos fueron interpretados y diagramados como resultados para este documento, utilizando herramientas computacionales acordes a la necesidad de procesamiento de datos.

Para determinar el tamaño de la muestra primero se definió el universo, en este caso el universo sería toda la población cochabambina, posteriormente se determinó la población. Ya que el objetivo del presente trabajo es estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> de los estudiantes de la UCB, la población estaría compuesta por los estudiantes de la UCB y nuestra muestra sería una porción representativa de dicha población.

El tipo de muestra con el que se trabajará es probabilística porque esta es una investigación cuantitativa, y para que la selección de estudiantes a los que se les aplicará la encuesta sea más variada y tengan la misma posibilidad de ser escogidos se utilizara la técnica de muestreo aleatoria simple, para su cálculo se utilizó la Ecuación 1.

Ecuación 1. Tamaño de la muestra

$$n = \frac{Z^2 pqN}{NE^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

n es el tamaño de la muestra

Z es el nivel de confianza (para un margen de confianza de 95% es 1,96)

p es la variabilidad positiva

q es la variabilidad negativa

E es la precisión o el error, en caso de aceptar un error del 5% será 0,05

N es el tamaño de la población conocida

Para esta investigación se recopilaron datos del Sistema de Información Administrativa de la UCB. El tamaño de la población conocida, que en este caso es la cantidad de estudiantes de la UCB de la zona Tupuraya, es de 3200 estudiantes. El nivel de confianza será de 95%, por lo tanto, el error permitido será 5%. La variabilidad positiva es de 90% y la variabilidad negativa es el 10% restante. La variabilidad es la probabilidad (o porcentaje) con el que se aceptó y se rechazó la hipótesis que se quiere investigar, el porcentaje con el que se aceptó tal hipótesis se denomina variabilidad positiva y el porcentaje con el que se rechazó se la hipótesis es la variabilidad negativa.

Se realizaron los cálculos con la fórmula presentada anteriormente y como resultado tenemos que el tamaño de la muestra es de 133 estudiantes. A estos 133 estudiantes se les aplicó una encuesta para obtener información acerca del tipo de transporte que utilizan, la frecuencia con la que lo usan y la distancia que recorren en este.

Para evaluar las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a los medios de transporte empleados por los estudiantes de la UCB, se requirió de la elaboración de una encuesta que debiera responder a preguntas como el medio de transporte empleado en los desplazamientos entre el lugar de residencia y el centro, el número diario de desplazamientos y la distancia media por trayecto. A partir de estos datos se calcula el número de kilómetros realizados anualmente en cada medio de transporte. A este valor para cada medio de transporte se aplica el factor de emisión y se estiman las toneladas de CO<sub>2</sub> asociadas. Los factores de emisión para cada medio de transporte se calculan a partir de los siguientes datos:

Tabla 2. Factor de emisión asociado al transporte en automóvil por pasajero

Automóvil (kg CO <sub>2</sub> *km <sup>-1</sup> *pasajero <sup>-1</sup> )	Nivel de ocupación (%)			
	25	50	75	100
	0,2	0,1	0,07	0,05

Fuente: Álvarez, 2011

- a) Automóvil: en la Tabla 2 se puede observar el factor de emisión que se aplicará a unidades de transporte no masivo, de acuerdo a su nivel de ocupación que en su mayoría será de un 25% (una o dos personas dentro del automóvil)
- b) Bicicleta: tomando en cuenta la ingesta de kilocalorías promedio y el impacto de CO<sub>2</sub> que causan al año por persona se calcula que el combustible de un ciclista podría estimarse en 0.016 Kg CO<sub>2</sub>\*km<sup>-1</sup>(Londel, 2011).
- c) Motocicleta: para el factor de emisión asociado a la motocicleta se considera un solo valor, que es 0,07 kg CO<sub>2</sub>\*km<sup>-1</sup> (Álvarez, 2011).
- d) Demás medios de transporte: para los medios de transporte masivo se utilizó una clasificación realizada de acuerdo a su ocupación de pasajeros y el tipo de motorizado de transporte masivo (Tabla 3).

Tabla 3. Factores de emisión asociados a diferentes medios de transporte por pasajero

Tipo de Automóvil	Cantidad de pasajeros promedio	Kg CO <sub>2</sub> *km <sup>-1</sup> por pasajero
Trufi	8	0.1158
Mini con más capacidad	14	0.0818
Mini promedio	10	0.1073
Micro	17	0.029
Bus Micro	12	0.0686

Fuente: Adaptado de (DEFRA, 2008)

## 5 Resultados y discusión

### 5.1 Clasificación de las unidades de transporte público y privado

A través de información bibliográfica se clasificó al transporte en masivo y no masivo. Los factores de emisión de carbono se encontraban asociados a la unidad

de transporte por lo que, mediante la información obtenida, gracias a las encuestas realizadas, se logró caracterizar la unidad de transporte estudiantil de la Universidad Católica Boliviana San Pablo como se muestra en la Figura 2.

### 5.2 Caracterización de la unidad de transporte estudiantil:

De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta se ha visto que los medios de transporte más utilizados son el mini más grande con 16%, con 17%, el trufi con 23% y el mini promedio con 23%; de los transportes no masivos el más utilizado es el auto propio con 12%, le sigue la motocicleta con 3% y los transportes menos utilizados son la bicicleta, el taxi y la caminata con 2% cada uno, estos datos se encuentran representados en la Figura 2.

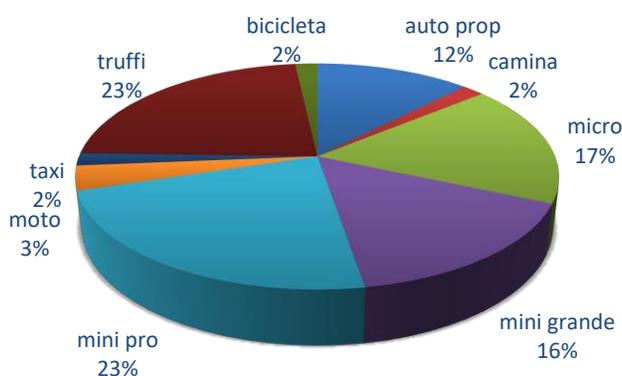


Figura 2: Tipos de transporte utilizados por los estudiantes.

Fuente: elaboración propia

### 5.3 Estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub>

La Figura 3 muestra la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por cada estudiante, según el transporte que utiliza, en un año. Las personas que más CO<sub>2</sub> emiten son las que utilizan un automóvil propio, estas emiten alrededor de 433,98 kg de CO<sub>2</sub> al año debido al tipo de combustible del automóvil, que en su mayoría usa gasolina, y del uso ineficiente del mismo. Los medios de transporte que menos contaminan son la bicicleta y la caminata ya que no utilizan ningún tipo de combustible fósil, el factor de emisión que tienen estas unidades de transporte se debe a la cantidad de dióxido de carbono que emite la persona, por procesos biológicos como la respiración, mientras está utilizando este medio de transporte. En cuanto a los transportes masivos se puede observar que el micro es el menos contaminante por la cantidad de personas que transporta al mismo tiempo, que lo vuelve más eficiente; el mini grande es el que emite más emisiones de CO<sub>2</sub> debido a que la cantidad de pasajeros

es menor y no logra compensar el gasto de energía que realiza a pesar de tener un factor de emisiones bajo.

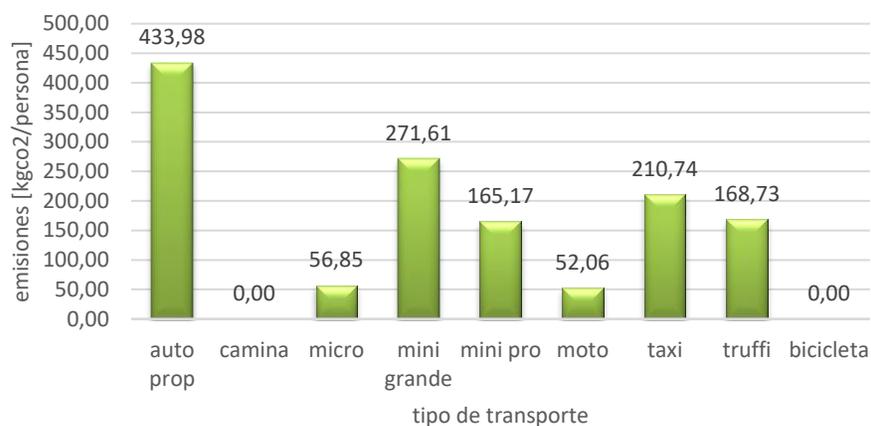


Figura 3: Emisiones per cápita (kgCO<sub>2</sub> por persona)

Los medios de transporte más utilizados son los medios masivos que representan el 79% aproximadamente del total de estudiantes. La cantidad de CO<sub>2</sub> emitido por el total de estudiantes de la UCB en un año es de 601059,44 kg y la distancia total recorrida por los estudiantes en un año es de 12047270,18 km.

Los resultados obtenidos se encuentran resumidos en la Tabla 4.

Tabla 4. Datos extrapolados a los estudiantes de la UCB

<b>DATOS EXTRAPOLADOS PARA TODOS LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD</b>						
<b>Transporte</b>	<b>Estudiantes (%)</b>	<b>Emisiones (%)</b>	<b>Cantidad de estudiantes</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> anuales [kg CO<sub>2</sub>]</b>	<b>Distancia recorrida [km]</b>	<b>Emisiones per cápita [kg CO<sub>2</sub>/ año]</b>
auto prop	12,28	28,37	392,98	170544,76	1683312,28	433,98
Camina	1,75	0,00	56,14	0,00	29642,11	0,00
Micro	17,54	5,31	561,40	31914,12	2172407,02	56,85
mini grande	15,79	22,83	505,26	137235,11	3311831,58	271,61
mini pro	22,81	20,06	729,82	120547,89	2217768,42	165,17
Moto	3,51	0,97	112,28	5844,84	164828,07	52,06
Taxi	1,75	1,97	56,14	11830,75	233543,86	210,74
Trufi	22,81	20,49	729,82	123141,96	2099200,00	168,73
Bicicleta	1,75	0,00	56,14	0,00	134736,84	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>3200,00</b>	<b>601059,44</b>	<b>12047270,18</b>	

## 6 Conclusiones y Recomendaciones

Se ha podido estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de transporte que utilizan los estudiantes de la UCB del campus Tupuraya a partir de una muestra estadísticamente confiable.

Las emisiones totales de CO<sub>2</sub> calculadas que alcanzan 601,06 Ton/año no son demasiado grandes debido a que un 79% de los estudiantes usa transporte público

El grupo que mayores emisiones genera es el que usa automóvil propio para trasladarse a la UCB. 393 estudiantes producen casi un tercio de las emisiones anuales totales de CO<sub>2</sub> de la UCB

En relación a la distancia recorrida por los estudiantes la misma equivale a dar 313,7 vueltas al planeta, o como ir de la tierra a la luna 31,3 veces cada año. El promedio de distancia que recorre un estudiante de la UCB por año es de 3.764,77 Km.

Un aspecto discutible de este trabajo es el uso de los factores de emisión para el transporte, debido a que se utilizaron datos internacionales de factores de emisión ya que no existe suficiente información sobre las emisiones del sector del autotransporte en Cochabamba, por tanto, se recomienda desarrollar investigaciones o sistematizar información sobre este aspecto en futuros estudios.

En relación al uso de medios de transporte se debería concientizar a los que usan medios más contaminantes para que cambien sus hábitos, renunciando a su comodidad, pero disminuyendo el impacto ambiental con un cambio de actitud.

De las encuestas realizadas se aprecia que muy pocas personas utilizan bicicletas para llegar a la UCB, aunque entre las razones principales para su poco uso se menciona la peligrosidad en las vías, el problema del parqueo con seguridad y para algunas personas, las distancias hacia el campus, un aspecto operativo en que la UCB podría incidir es en facilitar el parqueo de las bicicletas con seguridad.

Finalmente, se recomienda incluir al sector docente en el cálculo de las estimaciones de CO<sub>2</sub> por medio de transporte, ya que, si bien son mucho menos que los estudiantes, la mayoría utiliza transporte privado que causa un gran impacto y que debería ser cuantificado.

## Referencias Bibliográficas

- [1] Álvarez, N. L. (2011). Metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades. Recuperado el 12 de Abril de 2014, de Tamaulipas, secretaria de educación:

- [http://educacion.tamaulipas.gob.mx/formacion/cursos\\_2011/No13/AP/S8/A8P1.pdf](http://educacion.tamaulipas.gob.mx/formacion/cursos_2011/No13/AP/S8/A8P1.pdf)
- [2] Adzet, J. M<sup>a</sup>. 1985. Química – Técnica de Tenería. Barcelona – España
- [3] Camilloni, I. (2014). Breve enciclopedia del ambiente. Obtenido de <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/>
- [4] CEDIB (2016) Construyendo comunidades urbanas para vivir bien en el siglo XXI. Conferencia Mundial Habitat III. Informe País. Bolivia
- [5] CEPIS. 1997. “Guía para el tratamiento, almacenamiento y disposición de residuos de curtiembres”. En:<http://www.cepis.ops-oms.org/cdromrepi86/fulltexts/eswww/fulltext/epa/guiacurt/guiatecn.html>. (09.09.2007)
- [6] CPTS (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles). 2003. “Guía técnica de producción más limpia para curtiembres”. La Paz – Bolivia. En: [www.bolivia-industry.com/sia/prodlimp/guias/curtiembres.htm](http://www.bolivia-industry.com/sia/prodlimp/guias/curtiembres.htm). (26.09.2003)
- [7] DEFRA. (Julio de 2008). Departamento para el ambiente, comida y asuntos rurales. Recuperado el 12 de Abril de 2014, de Departamento para el ambiente, comida y asuntos rurales: [www.defra.gov.uk](http://www.defra.gov.uk)
- [8] Fernández M. (2017). Energía y transporte. Taller sobre electro movilidad. WSEN – UCB
- [9] Galano, C., Curi, M., Motomura, O., Porto, C., Silva, M., & Ángel, A. (2002). Manifiesto por la vida. Bogotá: Scielo.
- [10] González M. P. 1998. “Diagnóstico de prevención de la contaminación. Washington – Estados Unidos de Norteamérica”. En: [www.p2pays.org/ref/18/17860.pdf](http://www.p2pays.org/ref/18/17860.pdf). (25.10.2005)
- [11] Huizenga, C. (2010), Instrumentos climáticos para el sector transporte. Informe de Consultores, SLoCaT, Italia.
- [12] INE. (2013). Censo de Población y Vivienda 2012. Instituto Nacional de Estadística.
- [13] INE. (2016). Actualidad Estadística parque automotor Bolivia 2016. La Paz: Instituto Nacional de Estadística.
- [14] International Energy Agency. (2010). CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion. <http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf> INT
- [15] La Razón. (8 de Agosto de 2016). Crece el parque vehicular en 8%, pero solo el 34% de los autos son 0 km. La Razón.

- [16] Ley del Medio Ambiente N° 1333, Gaceta Oficial del Gobierno de Bolivia, 15 de Junio de 1992. (en [http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/bolivia/bolivia\\_1333.pdf](http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/bolivia/bolivia_1333.pdf), acceso, septiembre 2009).
- [17] Limpio, A. (Junio de 2012). Movilidad Urbana - Bolivia. Recuperado el 5 de Abril de 2014, de Movilidad Urbana - Bolivia.
- [18] Londel, B. B. (2011). Cuantificación de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> derivada del uso de la bicicleta. Bruselas: European Cyclists' Federation ASBL.
- [19] Nava, J. (12 de Junio de 2017). Cochabamba tiene el transporte público más grande del país. Opinión.
- [20] Wackernagel, Mathis; Rees, W. (2001). Nuestra huella ecológica: reduciendo el impacto humano sobre la Tierra. Santiago: LOM.
- [21] Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2016). Informe Nacional de Calidad de Aire 2014 - 2015
- [22] Plassmann, K. N.-J. (2010). Testing the assertion that 'local food is best': the challenges of an evidence based approach. Trends Food Sci. Technol. 19, 265–274
- [23] RASIM. Reglamento Ambiental para el Sector Industrial y Manufacturero (en <http://www.bolivia-industry.com/sia/marcoreg/Ley/RASIM/rasim.htm>, acceso septiembre 2009).
- [24] Viglizzo, E. (2010). Huella de carbono, ambiente y agricultura en el Cono Sur de Suramérica. Montevideo: Boscana.