

ANEXOS METODOLÓGICOS

1. INFORMACIÓN CENSAL Y DE REGISTROS

Para la generación de la “Información Censal y de Registros” se recurrió a las siguientes fuentes de información:

- a) Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2001 y 2012.
- b) Dossier de Estadísticas Sociales y Económicas, Volumen 28.

Primero, los indicadores con información censal fueron construidos a partir de bases de datos armonizadas del CNPV 2001 y 2012; en ambas bases se cuenta con información para los 339 municipios de Bolivia.

Segundo, los indicadores de registros se obtuvieron del Dossier Vol. 28 de UDAPE, que es un compilado de información estadística multisectorial con datos hasta 2018. También, para la información de registros se presentan los indicadores en dos puntos del tiempo, que son definidos en base a la disponibilidad de información.

De esta manera, en la siguiente tabla se especifican los indicadores incluidos en el Atlas con información censal y de registros, agrupados por sector y con el detalle de los años para los que fueron generados.

TABLA 1. INDICADORES CON INFORMACIÓN CENSAL Y DE REGISTROS

Sector	Indicador	Años
Demografía	Población	2001 - 2012
Demografía	Densidad poblacional	2001 - 2012
Demografía	Municipios urbanos y rurales	2001 - 2012
Demografía	Porcentaje de la población entre 0 y 14 años	2001 - 2012
Demografía	Porcentaje de la población entre 15 y 59 años	2001 - 2012
Demografía	Porcentaje de la población de 60 años o más edad	2001 - 2012
Demografía	Municipios por sexo mayoritario	2001 - 2012
Demografía	Porcentaje de la población que tiene registro civil	2001 - 2012
Demografía	Porcentaje de la población que pertenece a la nación Quechua	2001 - 2012
Demografía	Porcentaje de la población que pertenece a la nación Aymara	2001 - 2012
Demografía	Porcentaje de la población que pertenece a la nación Guaraní	2001 - 2012
Características de los hogares	Porcentaje de hogares con cobertura de electricidad	2001 - 2012
Características de los hogares	Porcentaje de hogares con cobertura de agua potable	2001 - 2012
Características de los hogares	Porcentaje de hogares con cobertura de saneamiento básico	2001 - 2012

Características de los hogares	Porcentaje de hogares que utilizan gas para cocinar	2001 - 2012
Características de los hogares	Porcentaje de hogares con acceso a tecnologías de la información	2001 - 2012
Características de los hogares	Porcentaje de hogares que poseen un automóvil	2001 - 2012
Características de los hogares	Porcentaje de hogares que poseen una motocicleta	2001 - 2012
Características de los hogares	Porcentaje de hogares que cuentan con una vivienda propia	2001 - 2012
Características de los hogares	Material predominante en las paredes	2001 - 2012
Características de los hogares	Material predominante en el techo	2001 - 2012
Características de los hogares	Material predominante en los pisos	2001 - 2012
Pobreza	Municipios por categoría de pobreza según necesidades básicas insatisfechas	2001 - 2012
Pobreza	Porcentaje de la población con necesidades básicas satisfechas	2001 - 2012
Pobreza	Porcentaje de la población en el umbral de la pobreza	2001 - 2012
Pobreza	Porcentaje de la población con pobreza moderada	2001 - 2012
Pobreza	Porcentaje de la población en indigencia	2001 - 2012
Pobreza	Porcentaje de la población en marginalidad	2001 - 2012
Laboral	Tasa de dependencia	2001 - 2012
Laboral	Población en edad de trabajar	2001 - 2012
Laboral	Porcentaje de la población ocupada sobre población de 5 o más años	2001 - 2012
Laboral	Municipios por principal actividad económica	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de agricultura	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de minas	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de industria manufacturera	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de electricidad, agua y gas	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de construcción	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de comercio	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de hoteles y restaurantes	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de transporte	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de intermediación financiera	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de servicios inmobiliarios	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de administración pública	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de educación	2001 - 2012
Laboral	Población ocupada en la actividad de salud	2001 - 2012
Migración	Porcentaje de la población que vive en el lugar de la entrevista	2001 - 2012
Migración	Porcentaje de la población que vive en otro lugar del país	2001 - 2012
Migración	Porcentaje de la población que vive en otro país	2001 - 2012
Educación	Número de unidades educativas	2001 - 2017
Educación	Tasa de alfabetismo	2001 - 2012
Educación	Tasa femenina de abandono escolar	2011 - 2017
Educación	Tasa masculina de abandono escolar	2011 - 2017
Salud	Número de establecimientos de salud	2010 - 2017

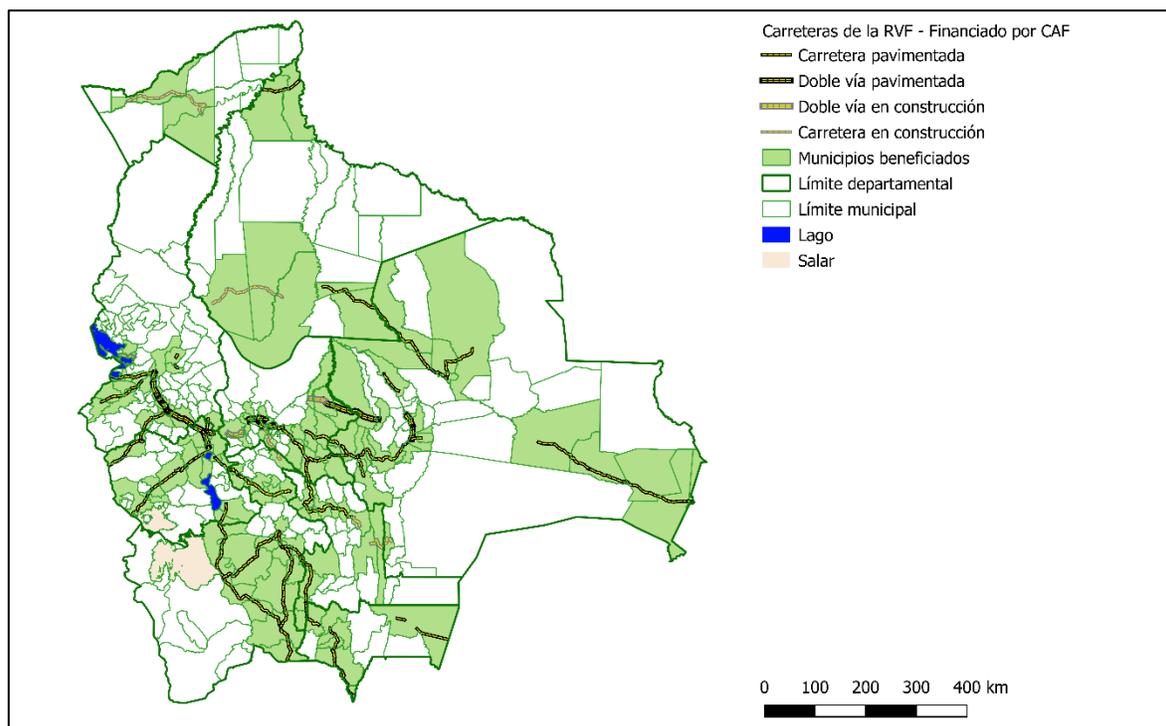
Salud	Número de nacimientos	2007 - 2017
Salud	Cobertura de parto institucional (*)	2002 - 2017
Salud	Indicador proxi de tasa de natalidad	2012 - 2017
Salud	Cobertura de atención prenatal (*)	2007 - 2017
Salud	Cobertura de vacuna pentavalente (*)	2002 - 2017
Salud	Cobertura de atención de enfermedades diarreicas agudas en menores de 5 años (*)	2008 - 2017

(*) Debido a que son estimaciones el indicador puede ser mayor a 100%.

2. INFORMACIÓN SATELITAL

En esta opción se presentan mapas y estadísticas generadas con información extraída de imágenes satelitales. El análisis se restringe a 145 municipios de Bolivia que se encuentran en un radio de influencia directa de tramos de la RVF financiados por CAF. Primero, los tramos utilizados para definir el área de influencia son aquellos que, hasta 2019, fueron construidos o estaban en construcción a pavimento con financiamiento de CAF. Segundo, se define como área de influencia directa a la superficie en un radio de 10 kilómetros (Km) de los tramos con financiamiento de CAF. En el siguiente gráfico se observan los 145 municipios para los que se genera información satelital en el Atlas.

GRÁFICO 1. MUNICIPIOS BENEFICIADOS CON TRAMOS DE LA RVF FINANCIADOS POR CAF, 2019



Para esta muestra de municipios, se generaron los siguientes indicadores a partir del procesamiento de información de imágenes satelitales capturadas sobre el área de influencia directa de los tramos de la RVF financiados por CAF:

a) Superficie de centros poblados y vías según tipo de rodadura

Para el año 2018, las superficies de los centros poblados –de comunidades no dispersas– fueron delimitadas en base a imágenes Sentinel 2 con 10 metros (m) de resolución¹. Para su delimitación se definió la revisión de manchas urbanas donde se identificó el recubrimiento de la superficie del suelo con infraestructura de viviendas o casas, centros de recreación, como canchas, edificaciones de escuelas o iglesias, etc.

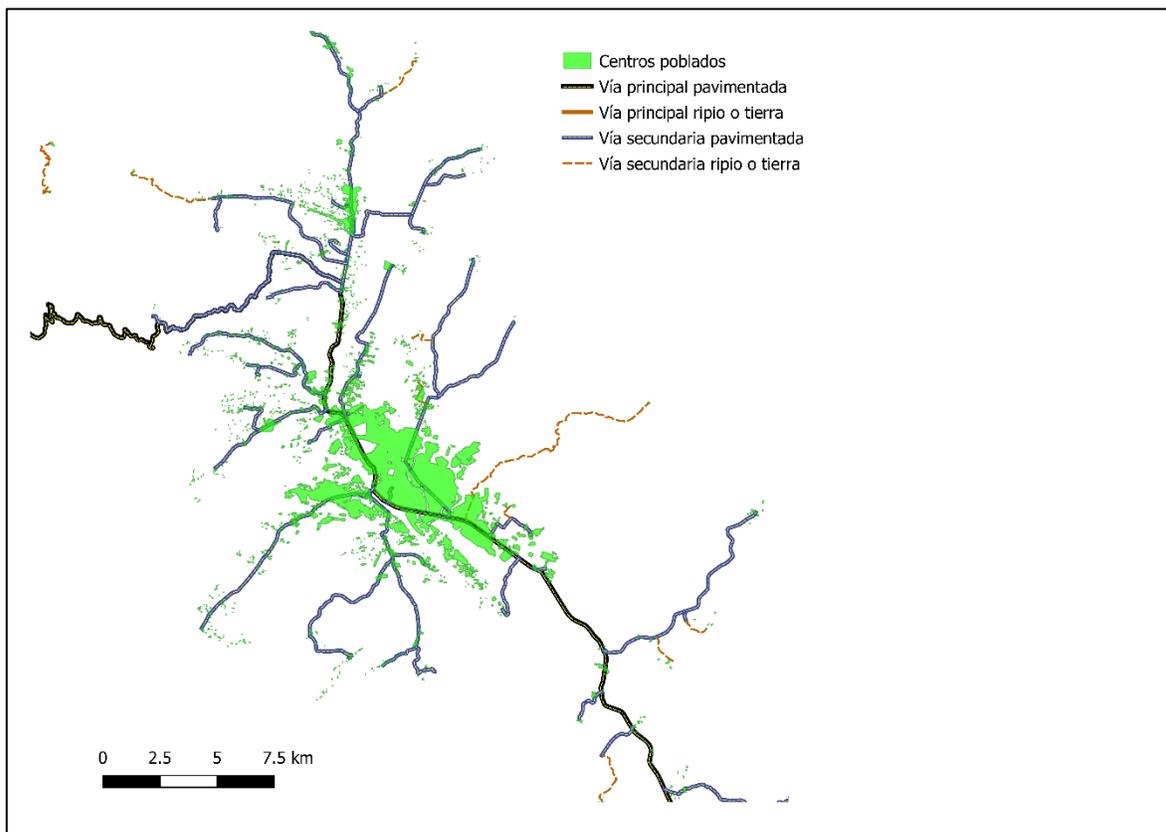
En la identificación de esta infraestructura se pudo ver que en algunos casos la misma se encontraba dispersa, en tal sentido se identificaron edificaciones aglomeradas en una unidad mínima de 6 píxeles (600 m²); infraestructura menor a esta superficie no fue considerada o dependiendo de su ubicación fueron agrupados a los centros poblados más próximos. Asimismo, posterior a la delimitación en base a imágenes satelitales, se aplicó un proceso de validación a partir de información del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) relevada con el CNPV 2012.

Por ejemplo, en el Gráfico 2 se muestra el resultado de la delimitación de la ciudad de Tarija y los centros poblados aledaños; asimismo, se observan las vías principales y secundarias que permiten acceder a dichos centros poblados.

En total, se definieron 2.597 centros poblados en el área de estudio de los municipios beneficiados con tramos RVF financiados por CAF. La superficie acumulada de los centros poblados identificados es de aproximadamente 160.453,8 Ha.

¹ Los Sentinel son una flota de satélites diseñados para proporcionar datos e imágenes en el marco del programa Copernicus, de la Comisión Europea. Estas imágenes permiten realizar el análisis y monitoreo de las prácticas agrícolas y forestales, contaminación, fenómenos climatológicos, entre otros.

GRÁFICO 2. EJEMPLO DE LA DELIMITACIÓN DE LA CIUDAD DE TARIJA Y CENTROS POBLADOS ALEDAÑOS



Asimismo, se generó una capa vectorial con demarcaciones de las vías principales y secundarias en el área de estudio. Concretamente, en esta capa se unieron las vías principales –Tramos de la RVF de capas vectoriales generadas por la ABC– y vías secundarias que fueron determinadas mediante imágenes satelitales, principalmente de los satélites Sentinel 2A y 2B, y complementados con imágenes de alta resolución de servidores libres. Asimismo, en base a información cruzada de registros administrativos e imágenes satelitales, se estableció el tipo de rodadura. De esta manera, se cuenta con una capa vectorial de caminos categorizados de la siguiente manera:

- 1) Vía Principal Pavimentada
- 2) Vía Principal Ripio o Tierra
- 3) Vía Secundaria Pavimentada
- 4) Vía Secundaria Ripio o Tierra

Por lo tanto, en el Atlas se presentan Fichas municipales con información estadística y visual sobre la superficie –en Km²– de los centros poblados y las longitudes –en Km– de las vías en las categorías señaladas.

b) Superficie de cobertura de uso de suelos

La identificación de los usos de suelo fue realizada para gestión 2018. El trabajo estuvo enfocado en determinar la cobertura biofísica, tal cual se observa a través de sensores remotos y que incluye la vegetación natural o cultivada, construcciones hechas por el hombre y otros como agua, hielo, afloramientos rocosos, depósitos de arena, evaporitas, etc.

La clasificación de la cobertura se realizó en base al Sistema de Clasificación de Cobertura Terrestre (LCCS, por sus siglas en inglés) desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). Esta clasificación facilitó la interpretación, comprensión y revisión de los datos generados a partir de técnicas de teledetección.

Asimismo, LCCS para la definición de la leyenda pone mayor énfasis en el conjunto de atributos, claramente cuantificables de las diferentes coberturas, permite un análisis fisonómico estructural de la vegetación asociando otras características a una determinada clase tomando en cuenta la respuesta espectral que se observa en la imagen satelital.

A partir de los lineamientos de LCCS y conociendo las características de la vegetación y cobertura de la tierra en diferentes regiones del país, topografía y su incidencia sobre la cobertura, se utilizaron modelos digitales de elevación para diferenciar los distintos tipos de vegetación, además de las características generales fenológicas de la vegetación.

De esta manera, para la categorización de los usos de suelo en el Atlas, se aplica la siguiente la leyenda:

COBERTURA	DESCRIPCION
Cuerpos de Agua	Ríos y lagunas
Campo de Nieve	Corteza de nieve
Cuerpos de Agua Artificial	Estanques o represas
Salar	Corteza superficial de Sal
Suelo Descubierto	Suelo descubierto, arenales, afloramientos rocosos, y suelos con formas herbáceas en una cobertura de 1% a 10%.

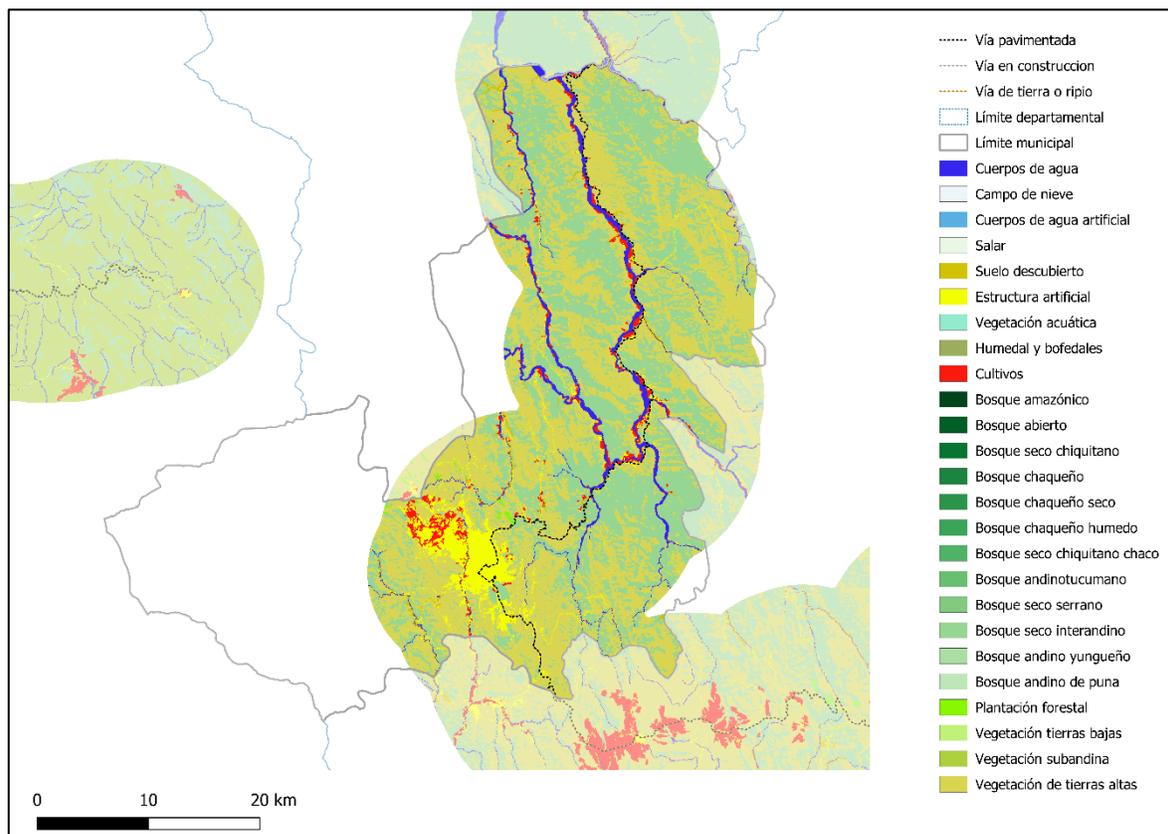
Estructura Artificial	Áreas artificiales donde existe estructura de edificios, caminos, áreas industriales, minas sobre la superficie, otra infraestructura de comunicación, etc.
Vegetación Acuática	Vegetación en cuerpos de agua estáticos en periodos de persistencia de 3 a 12 meses.
Humedal y Bofedales	Formas herbáceas en zonas con cuerpos de agua de dinámica fluida en periodos de persistencia de 3 a 12 meses.
Cultivos	Vegetación manejada que se refiere a áreas cultivadas y agropecuarias en formas herbáceas y leñosas en múltiples especies, se incluye también áreas quemadas con forma geométrica regular.
Bosque Amazónico	Estrato de árboles de una altura de 10 a 50 m con fenología de hoja siempre verde, en clima húmedo a una altitud entre 150 a 400 msnm con presencia en algunas zonas de arbustos.
Bosque Amazónico Abierto	Estrato de árboles de una altura de 10 a 50 m con fenología de hoja semi-caduco y siempre verde, en clima húmedo a una altitud entre 150 a 400 msnm con presencia en otros estratos de arbustos.
Bosque Seco Chiquitano	Estrato de árboles de una altura de 10 a 25 m con fenología de hoja semi-caduco, en clima semi-húmedo a una altitud entre 250 a 850 msnm con presencia de arbustos con fenología caduco y formas herbáceas con fenología perenne.
Bosque Chaqueño del Abayoy	Estrato de árboles de una altura de 3 a 8 m con fenología de hoja caduco en clima semi-árido-seco a una altitud entre 170 a 1100 msnm, que se encuentran en pie de ladera de bajo gradiente, en algunos casos con presencia en otros estratos de arbustos de hoja siempre verde y herbáceas de fenología perenne.
Bosque Chaqueño Seco	Estrato de árboles de una altura de 3 a 8 m con fenología de hoja caduco en clima semi-árido-seco a una altitud entre 200 a 600 msnm, que se encuentran en pie de ladera de bajo gradiente, en algunos casos con presencia en otros estratos de arbustos de hoja siempre verde y herbáceas de fenología perenne.
Bosque Chaqueño Húmedo	Estrato de árboles de una altura de 3 a 8 m con fenología de hoja siempre verde en clima semi-árido-húmedo a una altitud entre 200 a 600 msnm, que se encuentran en pie de ladera de bajo gradiente, en algunos casos con presencia en otros estratos de arbustos de hoja siempre verde y herbáceas de fenología perenne.
Bosque Transición Seco Chiquitano Chaqueño	Estrato de árboles de una altura de 3 a 25 m con fenología de hoja caduco en clima semi-árido-húmedo a una altitud entre 150 a 400 msnm en algunos casos con presencia en otros estratos de arbustos de hoja siempre verde y herbáceas de fenología perenne.
Bosque Andino Tucumano	Estrato de árboles de una altura de 10 a 20 m con fenología de hoja siempre verde en clima húmedo a una altitud entre 800 a 2200 msnm en algunos casos con presencia en otros estratos de arbustos de hoja siempre verde y herbáceas de fenología perenne.

Bosque Seco Serrano	Estrato de árboles de una altura de 10 a 18 m con fenología de hoja caduco en clima subhúmedo a una altitud entre 600 a 1200 msnm en algunos casos con presencia en otros estratos de arbustos de hoja caduco y herbáceas de fenología perenne.
Bosque Seco Interandino	Estrato de árboles de una altura de 2 a 15 m con fenología de hoja caduco en clima semi-árido-húmedo a una altitud entre 1400 a 3300 msnm en algunos casos con presencia en otros estratos de arbustos de hoja siempre verde y herbáceas de fenología perenne, anuales.
Bosque Andino Yungueño	Estrato de árboles de una altura de 10 a 30 m con fenología de hoja siempre verde en clima húmedo a una altitud entre 1000 a 3300 msnm en algunos casos con presencia en otros estratos de arbustos de hoja siempre verde y herbáceas de fenología perenne.
Bosque Andino de Puna	Estrato de árboles de una altura de 2 a 6 m con fenología de hoja siempre verde, en clima semi-árido-húmedo a una altitud entre 3300 a 5000 msnm en pendientes de 0 a 40 % en algunos casos con presencia en otros estratos de arbustos de hoja siempre verde y herbáceas de fenología perenne.
Plantación Forestal	Vegetación implantada de árboles de múltiples especies de 2 metros a más.
Vegetación Tierras Bajas	Formas herbáceas de hoja perenne y arbustivas de fenología siempre verde, en una cobertura del 60 al 100% a una altitud de 100 a 400 msnm.
Vegetación Subandina	Formas herbáceas de hoja perenne y arbustivas de fenología siempre verde, en una cobertura del 10 al 60% a una altitud de 1500 a 3400 msnm.
Vegetación de Tierras Altas	Formas herbáceas de hoja perenne y arbustivas de fenología siempre verde, en una cobertura del 10 al 60% a una altitud de 3400 a 5000 msnm.

Con la leyenda definida, sobre la base de imágenes satelitales Landsat 8² y Sentinel 2, se asignó una de las 25 categorías a cada píxel de las imágenes. El siguiente gráfico ejemplifica la cobertura de uso de suelos identificada mediante las imágenes satelitales para el área de estudio en el municipio de Sucre, del Departamento de Chuquisaca.

² La misión LANDSAT 8 fue lanzada el 11 de febrero de 2013, en el vehículo Atlas-V que transporta el satélite LDCM (Landsat Data Continuity Mission). El objetivo de esta misión es continuar el programa de captura global de imágenes espaciales que los Estados Unidos han estado implementando desde 1972 con la ayuda de la serie Landsat.

GRÁFICO 3. COBERTURA DE USO DE SUELOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO DEL MUNICIPIO DE SUCRE



c) Niveles de luminosidad nocturna y su relación con el crecimiento económico

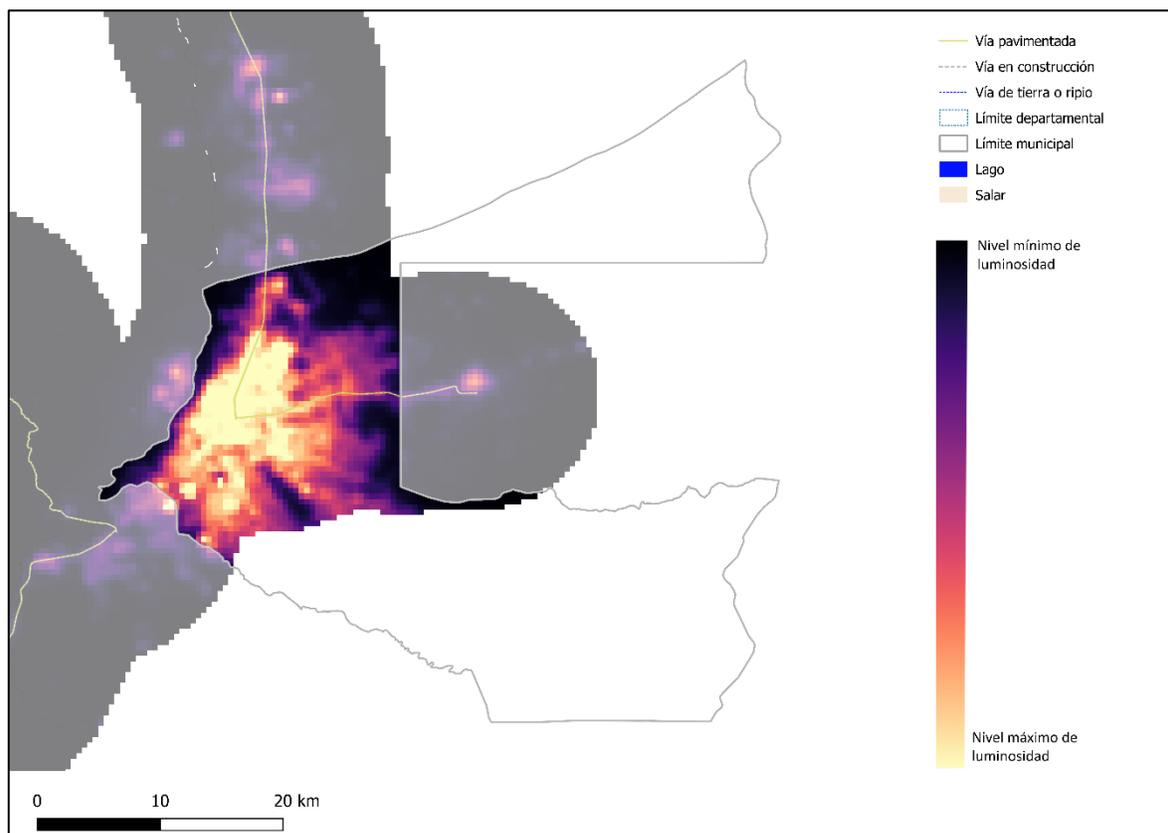
Para el establecimiento de los niveles de luminosidad se utilizaron imágenes satelitales del sensor VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite)³. Estas imágenes son los compuestos de banda de día/noche nocturnos versión 1, con una resolución de 15 arco-segundo.

Puntualmente, se extrajeron los valores medios anuales de los años 2014 y 2018, para cada uno de los píxeles que conforman el área de estudio de los municipios beneficiados con tramos RVF financiados por CAF.

En el siguiente gráfico se muestra un ejemplo visual de los niveles de luminosidad en el municipio de Santa Cruz.

³ VIIRS fue lanzado a bordo de Suomi NPP el 28 de octubre de 2011. Los principales objetivos de VIIRS incluyen el monitoreo e investigación de cambios y propiedades en la vegetación, la cobertura / uso de la tierra, el ciclo hidrológico y el balance energético de la tierra en escalas tanto global como regional.

GRÁFICO 4. NIVELES DE LUMINOSIDAD EN EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ



En el Atlas se adjuntan fichas municipales en las que se visualizan los niveles de luminosidad. Asimismo, se incluyen tablas con estadísticas sobre los niveles de luminosidad en el área de influencia directa de los tramos financiados por CAF, del municipio estudiado. Para determinar el valor de luminosidad del municipio i se suman los valores de cada píxel p que se sobrepone o está dentro del área de influencia de los tramos RVF financiados por CAF (P es el total de píxeles sobrepuestos y dentro el área de estudio).

$$Luminosidad_i = \sum_{p=1}^P \text{índice de Luminosidad}_p$$

Con el cálculo de los valores de luminosidad en los años 2014 y 2018 para los municipios beneficiados con tramos RVF financiados por CAF, se puede observar el cambio temporal en este indicador.

Por último, con base en el trabajo de Bolívar (2020)⁴, en el que se estima una elasticidad entre el Producto Interno Bruto (PIB) y la luminosidad para el caso boliviano de 0,12%, en las fichas del Atlas se utilizan los cambios porcentuales en la luminosidad de los municipios para aproximar el cambio en el PIB, entre 2014 y 2018, para los municipios beneficiados con tramos de la RVF con financiamiento de CAF⁵.

d) Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

En base a imágenes satelitales del Landsat 8, de sus sensores OLI (Operational Land Imager) y TM (Thermal Infrared Sensor), se construyó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés). El NDVI es un índice de vegetación que se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja; para el cálculo de este índice es necesario la información que se encuentra en las bandas roja e infrarroja de ese espectro electromagnético.

Para el Atlas, el índice fue calculado con datos de 2014 y 2018, mediante la división de la diferencia entre la reflectancia de las bandas infrarrojo cercano (NIR) y la banda visible rojo (RED) dividido por la suma de estas dos bandas de reflectancia. El índice varía en un rango de -1 a +1, donde 1 implica regiones con mejor calidad y desarrollo de la vegetación.

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

⁴ Bolívar, O. (2020). Evaluación de impacto de la infraestructura vial en el crecimiento económico: Una aproximación con base en información satelital de luminosidad para Bolivia. *Evaluación de impacto de la infraestructura vial en Bolivia*, 1, 13-65.

⁵ La elasticidad es el cambio porcentual en una variable dependiente, resultante de un incremento del 1% en una variable que la explica. Aplicando esta lógica, para aproximar el cambio porcentual en el PIB de los municipios beneficiados con tramos financiados por CAF en base al cambio porcentual de sus niveles de luminosidad, se aplica la siguiente fórmula:

$$\Delta\%PIB = \Delta\%Lum \times \xi_{PIB-Luminosidad}$$

Donde $\xi_{PIB-Luminosidad}$ es la elasticidad PIB-Luminosidad, que según Bolívar (2020) es 0,12%. $\Delta\%Lum$ es el incremento porcentual en la luminosidad entre 2014 y 2015 en el área de estudio del municipio. Y $\Delta\%PIB$ sería el crecimiento porcentual en el PIB del municipio beneficiado con uno de los tramos RVF financiados por CAF, entre 2014 y 2018.