

Documento de Trabajo N° 6/2025



El valor del servicio de la polinización en Bolivia

Por:

Lykke E. Andersen
Fabiana Argandoña
Alvaro Muñoz

El valor del servicio de polinización en Bolivia*

por:

Lykke E. Andersen*

Fabiana Argandoña♦

Álvaro Muñoz▲

La Paz, agosto 2025

Resumen: El presente documento estima el valor neto del servicio ecosistémico de la polinización de cultivos. Con base en datos de producción agrícola a nivel municipal en Bolivia, se estimó el valor de los cultivos más relevantes en términos de extensión que requieren polinizadores para su producción, considerando el grado de dependencia del rendimiento de estos cultivos respecto a la polinización. Asimismo, se realizó un mapeo que tomó en cuenta la probabilidad de presencia de polinizadores, la distribución municipal de cultivos dependientes de la polinización y la intersección entre estos espacios donde se provee el servicio ecosistémico. El valor neto estimado de la polinización asciende a USD 98,5 millones en Bolivia, con un potencial de crecimiento de hasta USD 116 millones en los próximos años.

Palabras clave: Servicios Ecosistémicos, Áreas Protegidas, Polinización, Territorios Indígenas, Bolivia.

Clasificación JEL: Q56, Q57

* El presente estudio fue financiado por WWF mediante el Acuerdo BO19741: ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO PARA IDENTIFICAR Y CUANTIFICAR LAS CONTRIBUCIONES DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS Y LOS TERRITORIOS INDÍGENAS AL BIENESTAR Y LOS MEDIOS DE VIDA.”

▲ SDSN Bolivia, email: lykkeandersen@upb.edu.

♦ SDSN Bolivia, email: fabiana.argandona@sdsnbolivia.org.

▲ SDSN Bolivia, email: alvaro.munoz@sdsnbolivia.org.

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DEL SERVICIO DE POLINIZACIÓN	4
2.1.	Polinización de cultivos como servicio ecosistémico de regulación	4
3.	ELABORACIÓN DEL MAPA DE VALOR DEL SERVICIO DE POLINIZACIÓN	7
3.1.	Mapa de aptitud para la presencia de polinizadores – Oferta de polinizadores.....	8
3.2.	Mapa de presencia de cultivos que requieren polinizadores – demanda de polinizadores	13
4.	LIMITACIONES.....	17
5.	CÁLCULO DEL VALOR DEL SERVICIO DE POLINIZACIÓN PROVISTO POR LAS ÁREAS PROTEGIDAS Y TERRITORIOS INDÍGENAS DE BOLIVIA	17
5.1.	Valor total a nivel municipal.....	17
5.2.	Valor total en las Áreas Protegidas de Bolivia.....	21
5.3.	Valor total en los Territorios Indígenas de Bolivia	25
6.	CONCLUSIONES.....	28
7.	REFERENCIAS	28

1. Introducción

La polinización es un proceso biológico mediante el cual se produce la transferencia de granos de polen desde los estambres hacia los órganos que contienen los óvulos de la planta, lo que posibilita la fecundación y, por ende, la producción de semillas y frutos (Meeuse, B., 2024). Este mecanismo es determinante no solo para la perpetuación de numerosas especies vegetales, sino también para el mantenimiento de la biodiversidad y la estabilidad de los ecosistemas naturales, así como para la producción de alimentos.

En los sistemas ecológicos, la polinización puede ser realizada por agentes bióticos (principalmente insectos, aves y murciélagos) o por factores abióticos como el viento. Entre estos, los insectos, y en particular las abejas, destacan por su eficiencia y predominancia, contribuyendo significativamente a la reproducción de una extensa variedad de plantas silvestres y cultivadas (Klein, et al., 2007). Su papel es especialmente relevante en la agricultura, donde la presencia de polinizadores incrementa el rendimiento y la calidad de numerosos cultivos que conforman la base de la alimentación humana (Garibaldi, L., et al., 2013).

La disponibilidad de polinizadores es, por tanto, fundamental para el equilibrio ecológico, la productividad agrícola y la seguridad alimentaria. En Bolivia, diversos cultivos de importancia económica, como frutas y semillas oleaginosas, dependen en distintos grados de la polinización biótica para alcanzar su máximo potencial productivo. Este servicio ecosistémico genera beneficios directos para las sociedades humanas al asegurar la producción de alimentos y al contribuir a la conservación de la diversidad biológica, aspecto central para el “vivir bien” y la armonía con la naturaleza (IPBES, 2016).

2. Estimación del valor económico del servicio de polinización

2.1. Polinización de cultivos como servicio ecosistémico de regulación

El reporte técnico de Joint Research Centre (JRC) de la Unión Europea propone una metodología de valoración económica del servicio ecosistémico de polinización basada en la contribución del servicio a la producción agrícola, estimada a partir de la superficie de cultivos dependientes de polinizadores (Vallecito, S., et al., 2018). Siguiendo esta aproximación, se desarrolla un análisis equivalente para el contexto boliviano.

El primer paso consistió en identificar los cultivos producidos en Bolivia que requieren en algún grado de la polinización biótica. A partir de los datos agrícolas del Instituto Nacional de Estadística (INE) y de la clasificación de dependencia de polinizadores recopilada por *Our World in Data*, se elaboró en la Tabla 1 los principales cultivos dependientes de polinización en el país. Se excluyeron cereales y tubérculos debido a que su reproducción se basa predominantemente en la polinización anemófila (viento) o, en el caso de tubérculos, en la propagación vegetativa mediante semillas seleccionadas (tubérculos), y no en semillas fecundadas por polinizadores animales.

Tabla 1. Principales cultivos dependientes de polinizadores en Bolivia

Grupo	Producto	Rango de dependencia de polinizadores	Porcentaje de la superficie agrícola nacional
Estimulantes	Cacao	>90%	0,26%
Frutales	Sandía	>90%	0,11%
Hortalizas	Zapallo	>90%	0,08%
Frutales	Membrillo	>90%	0,00%
Frutales	Durazno	40% a 90%	0,21%
Frutales	Palta	40% a 90%	0,06%
Frutales	Manga	40% a 90%	0,05%
Frutales	Manzana	40% a 90%	0,02%
Hortalizas	Pepino	40% a 90%	0,01%
Frutales	Chirimoya	40% a 90%	0,01%
Frutales	Ciruelo	40% a 90%	0,01%
Frutales	Pera	40% a 90%	0,01%
Frutales	Guinda	40% a 90%	0,00%
Oleaginosas e industriales	Soya	10% a 40%	36,08%
Oleaginosas e industriales	Girasol	10% a 40%	3,42%
Hortalizas	Haba	10% a 40%	0,66%
Oleaginosas e industriales	Sésamo	10% a 40%	0,65%
Estimulantes	Café	10% a 40%	0,63%
Oleaginosas e industriales	Algodón	10% a 40%	0,05%
Frutales	Frutilla	10% a 40%	0,01%
Frutales	Higo	10% a 40%	0,00%
Hortalizas	Frijol/poroto	0% a 10%	2,02%
Frutales	Mandarina	0% a 10%	0,66%
Frutales	Naranja	0% a 10%	0,57%
Oleaginosas e industriales	Maní	0% a 10%	0,47%
Hortalizas	Arveja	0% a 10%	0,42%
Hortalizas	Tomate	0% a 10%	0,12%
Frutales	Limón	0% a 10%	0,08%
Hortalizas	Ají	0% a 10%	0,06%
Frutales	Papaya	0% a 10%	0,06%
Hortalizas	Vainitas	0% a 10%	0,05%
Frutales	Tuna	0% a 10%	0,04%
Hortalizas	Locoto	0% a 10%	0,04%
Frutales	Lima	0% a 10%	0,02%
Hortalizas	Ajo	0% a 10%	0,01%
Frutales	Pomelo/toronja	0% a 10%	0,01%

Fuente: Elaboración propia con base en los datos de [Our World in Data](#); Klein et al. (2007) y datos agrícolas del [INE Estadísticas económicas - agropecuaria](#)¹ Nota: la denominación de grupo de producto, se basa en la agrupación de la fuente de origen de los datos (INE)

¹ Nota: La tabla no incluye cereales, tubérculos y otros productos que no requieren de polinizadores por lo que la suma de porcentaje de superficie agrícola de esta tabla no suma 100%, dado que no incluye todos los productos.

Entre los cultivos dependientes de la polinización destaca la soya, que constituye el producto agrícola con mayor superficie cultivada en Bolivia y el único que supera el millón de hectáreas anuales desde 2010. Los demás cultivos dependientes representan proporciones relativamente reducidas de la superficie agrícola nacional.

Para la estimación económica se emplearon los datos del año agrícola más reciente disponible (2022-2023) reportados por el INE. Dado que las superficies cultivadas y los niveles de producción han mostrado escasas variaciones en los últimos años, estos datos resultan representativos sobre la producción anual actual. Asimismo, se utilizaron precios al productor proporcionados por FAOSTAT². A cada cultivo se le asignó un porcentaje de dependencia de polinización dentro del rango teórico reportado en la literatura, seleccionando valores correspondientes al tercio inferior. Esta decisión metodológica se sustenta en los resultados empíricos del estudio de Valleccillo et al., (2018), quienes identifican que los beneficios observados en campo suelen localizarse dentro de ese rango.

Adicionalmente, se incorporó el factor de Beneficio Neto Estimado a partir del mapa de factor de costo desarrollado por SDSN Bolivia (Choque, S., et al., 2023), el cual evalúa la aptitud agrícola nacional en función de variables climáticas, topográficas y otras de carácter físico. Este análisis establece valores de beneficio neto entre 0,1 y 0,5, con un promedio nacional de 0,28. De manera coherente con esta referencia, así como con el estudio de Leguia, D., Malky, A., & Ledezma, J., (2011), el valor se estimó calculando el valor bruto de la producción agrícola y aplicando un factor de beneficio neto equivalente al 30% de dicho valor. Finalmente, sobre este resultado se calculó el porcentaje atribuible a la polinización, de acuerdo con los valores establecidos en la Tabla 2.

Con base en estos elementos, se estimó un Beneficio Local Anual Actual (BLAA) del servicio ecosistémico de polinización equivalente a USD 98,5 millones.

Tabla 2. Beneficio Local Anual Actual por polinización

Producto	Porcentaje de dependencia de polinización	Precio al productor (USD/Ton)	Producción año agrícola 2022-2023 (Ton)	Total BLAA (USD)
Soya	20%	292	3.670.464	64.262.490
Durazno	57%	633	58.527	6.331.510
Palta	57%	2.641	12.630	5.703.847
Cacao	93%	2.015	5.971	3.357.405
Sandia	93%	189	60.973	3.219.795
Girasol	20%	296	180.540	3.204.577
Zapallo	93%	358	24.600	2.457.097
Café	20%	1.305	23.579	1.846.223
Naranja	3%	649	186.010	1.086.930
Haba	20%	490	36.106	1.061.150
Frijol/poroto	3%	1.051	104.221	986.212
Sésamo	20%	1.165	13.931	973.820
Mandarina	3%	316	231.101	657.550

² FAOSTAT proporciona una base de datos con los precios al productor por cada cultivo, la cual se puede revisar en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/PP>

Manzana	57%	1.319	2.749	620.034
Limón	3%	2.347	25.898	547.043
Pepino	57%	570	4.905	478.090
Tomate	3%	579	87.863	457.655
Ciruelo	57%	555	4.143	393.191
Arveja	3%	1.045	20.802	195.663
Pera	57%	579	1.936	191.681
Maní	3%	757	26.448	180.295
Algodón	20%	912	2.481	135.774
Frutilla	20%	620	3.285	122.208
Papaya	3%	253	18.097	41.207
Ajo	3%	1.036	2.355	21.958
Ají	3%	755	3.202	21.758
Total				98.555.163

Fuente: Elaboración propia con base en datos de Klein et al. (2007), Vallecillo et al. (2018), Precios al Productor de [FAOSTAT](#) y datos agrícolas del [INE Estadísticas económicas - agropecuaria](#).³

Para estimar el Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP), se incorporó el incremento proyectado de la superficie agrícola en Bolivia. En sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC), el país plantea una expansión de 725.000 hectáreas adicionales de tierras degradadas destinadas a la producción agrícola para el año 2030, lo cual representa un aumento aproximado del 18% respecto a la superficie actual. En este escenario, el VETAP del servicio de polinización se estima en USD 116 millones anuales.

3. Elaboración del mapa de valor del servicio de polinización

La generación de un mapa preciso del servicio de polinización a escala nacional presenta limitaciones, pues requeriría información de campo detallada sobre la abundancia, diversidad y comportamiento de especies polinizadoras, datos que Bolivia no tiene. En consecuencia, siguiendo lineamientos metodológicos del cálculo desarrollado por la Unión Europea (Vallecito, S., et al., 2018), se recurrió a una aproximación basada en modelos espaciales y variables biofísicas disponibles, lo que permitió obtener un mapeo general del potencial del servicio.

La distribución espacial del servicio se analizó considerando dos componentes principales: El potencial del ecosistema para albergar polinizadores (oferta), y la cercanía a cultivos que demandan polinización (demanda).

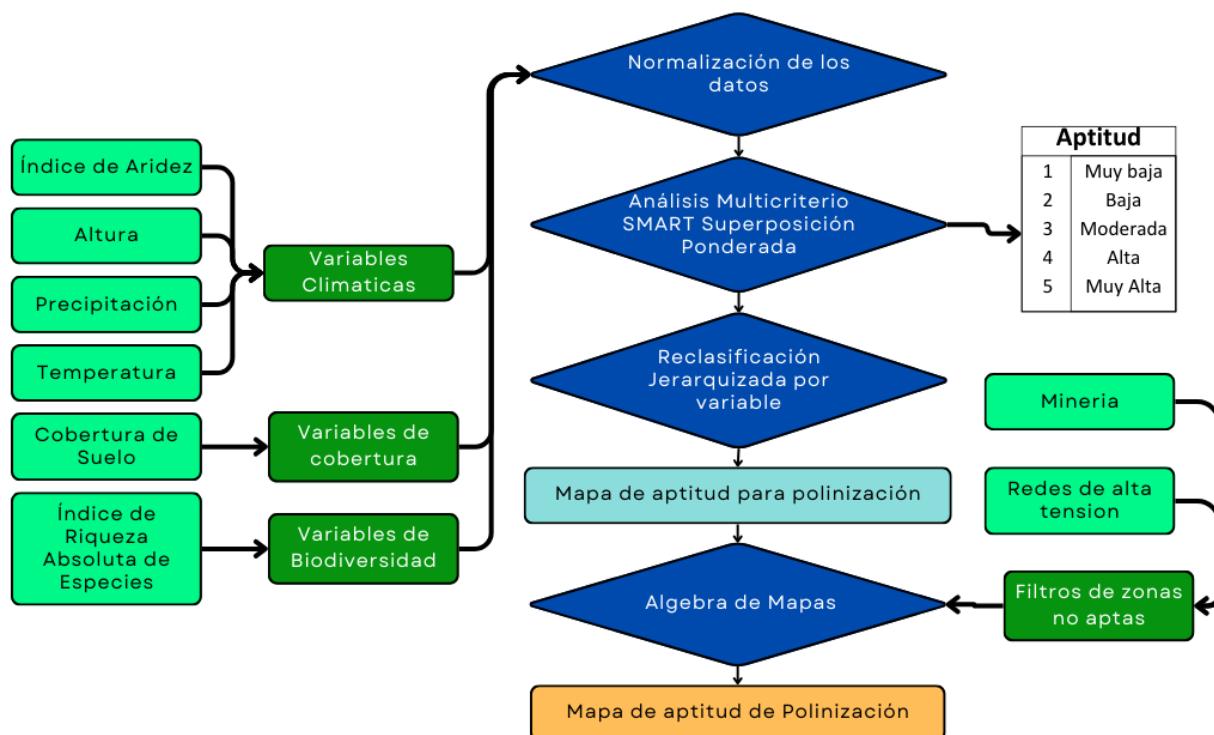
³ Nota: Para el precio se toma el promedio entre 2016 y 2022 de los años que cuenten con datos disponibles dada la baja disponibilidad de datos para Bolivia y la fluctuación de los precios. Para los productos que no cuentan con datos en ese periodo para Bolivia (ají, algodón, ciruela, frijol, frutilla, durazno, papaya, pepino, pera, sandía, mandarina y sésamo) se tomaron como referencia datos para Perú de la misma fuente mencionada.³

3.1. Mapa de aptitud para la presencia de polinizadores – Oferta de polinizadores

Para desarrollar un mapa de aptitud para la presencia de polinizadores, se aplicó un análisis multicriterio empleando la metodología SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique) (Sotelo, E. et al., 2016). Este enfoque permite integrar diversas variables relevantes para la presencia de abejas y otros polinizadores, previamente normalizadas, reclasificadas y ponderadas según su importancia relativa.

Además, el mapa de aptitud fue ajustado para refinar los resultados y proporcionar una visión más precisa de las áreas con mayor potencial para soportar poblaciones de polinizadores con variables que pueden afectar a los polinizadores, como la minería o las redes de alta tensión.

Gráfico 1 Flujograma de Proceso para el mapa de Aptitud de Polinización



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Fuentes de información para el análisis multicriterio

Variable	Tipo de Dato	Escala	Fuente
Altura	Modelo digital de Elevación	1:60.000 Resolución espacial de 30 metros	Elaborado a partir del Modelo Digital de Elevación extraído de Earth Explorer
Índice de aridez	Temperatura y Precipitación media anual	1:60.000 Resolución espacial de 900 metros	Elaborado a partir de datos del SENAMHI con ajuste de datos de WorldClim para algunas regiones
Cobertura del suelo	Cobertura del suelo 2021	1:60.000 Resolución espacial de 30 metros	Mapbiomas Bolivia Colección 2
Temperatura	Temperatura media anual	1:60.000 Resolución espacial de 30 metros	Elaborado a partir de datos del SENAMHI con ajuste de datos de WorldClim para algunas regiones

Variable	Tipo de Dato	Escala	Fuente
Índice de riqueza absoluta de especies	Mapa del Índice de riqueza absoluta de especies	1:7.000.000 Resolución espacial de 3.900 metros	Nowicki, C. et al. (FAN, 2004)
Precipitación	Precipitación media anual	1:60.000 Resolución espacial de 30 metros	Elaborado a partir de datos del SENAMHI y WorldClim
Minería	Zonas mineras 2023	1:60.000 Resolución espacial de 30 metros	RAISG
Redes de alta tensión	Red eléctrica de alta tensión 2020	1:60.000 Resolución espacial de 30 metros	Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad (AE)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Reclasificación de valores para el análisis multicriterio

Variable	Valores	Clasificación	Peso	Intervalo de clasificación	Importancia (Sobre 100%)
Altura	0-3000	Llanos - Valles	5	(Muy alto)	10
	3000 - 4000	Altiplano	3	(Moderado)	
	> 4000	Altiplano alto - Nevados	1	(Muy bajo)	
Índice de aridez	0 a 5	Desierto	0	(No considerado)	10
	5 a 10	Semidesierto	0	(No considerado)	
	10 a 20	Semiarido Mediterraneo	1	(Muy bajo)	
	20 a 30	Subhumeda	3	(Moderado)	
	30 a 60	Húmeda	4	(Alto)	
	> 60	Perhúmeda	5	(Muy alto)	
Cobertura del suelo	Vegetación	Formaciones boscosas o vegetales	5	(Muy alto)	25
	Cultivos / Agricultura	Pastura, Agricultura, Mosaico de usos	3	(Moderado)	
	No vegetación	Formaciones sin vegetación	0	(No considerado)	
Temperatura	< 10°C	Bajas temperaturas para pecoreo	0	(No considerado)	10
	10°C a 25°C	Temperatura óptima para pecoreo	5	(Muy alto)	
	>25°C	Temperatura alta para pecoreo	4	(Alto)	
Índice de riqueza absoluta de especies	< 200	Muy baja riqueza de especies	1	(Muy bajo)	30
	200 a 500	Baja riqueza de especies	2	(Bajo)	
	500 a 1000	Moderada riqueza de especies	3	(Moderado)	
	1000 a 1500	Alta riqueza de especies	4	(Alto)	
	> 1500	Muy alta riqueza de especies	5	(Muy alto)	
Precipitación	< 600	Baja precipitación	2	(Bajo)	10
	600 a 2500	Precipitación optima	5	(Muy alto)	
	> 2500	Precipitación apta	4	(Alto)	

Fuente: Elaboración propia con base en la Leyenda de la Colección 2 de Mapbiomas Bolivia (2021)

Las variables utilizadas en el análisis multicriterio fueron reclasificadas de acuerdo con criterios ecológicos y rangos reconocidos en la literatura, con el fin de estandarizar su aporte a la aptitud para la presencia de polinizadores.

- **Altitud.** La altitud se clasificó considerando su relación con las ecorregiones del país y las condiciones biofísicas que influyen en la presencia de polinizadores. De 0 a 3.000 m.s.n.m. corresponde a zonas donde predominan condiciones favorables para proyectos apícolas y una mayor presencia de polinizadores, de 3.000 a 4.000 m.s.n.m. son altitudes típicas del altiplano boliviano (INE, s.f.), caracterizadas por temperaturas bajas, vientos intensos y vegetación limitada. Aunque la aptitud disminuye, se han registrado polinizadores en diversas áreas, como Tiquina o Ancoraimes. Mayor a los 4.000 m.s.n.m., la probabilidad de presencia es baja debido a condiciones extremas, escasa vegetación y la transición hacia zonas glaciares en las cordilleras.
- **Índice de Aridez.** La disponibilidad de agua es determinante para la supervivencia de polinizadores, especialmente abejas, ya que la utilizan para su alimentación y la regulación térmica de la colonia (Infomiel, 2021). Por ello, el índice de aridez es un indicador clave para estimar la aptitud del territorio.

El índice se calculó mediante la fórmula de Martonne (MTMS, 2015):

$$I = \frac{P}{Tm}$$

donde P es la precipitación media anual (mm) y Tm la temperatura media anual (°C). Los valores obtenidos se clasificaron en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores de clasificación para el Índice de Aridez de Martonne

Valor	Clasificación
0 a 5	Desierto
5 a 10	Semidesierto
10 a 20	Semiárido Mediterráneo
20 a 30	Subhúmedo
30 a 60	Húmedo
Mayor a 60	Perhúmedo

Fuentes: Elaboración propia con base en la clasificación manejada por Martonne

- **Temperatura.** La temperatura influye directamente en el comportamiento y supervivencia de los polinizadores. Para las abejas, la temperatura interna de la colmena debe mantenerse alrededor de 20 °C durante invierno, temperaturas por debajo de los 10 °C reducen su actividad y pueden provocar mortalidad (Apicultura y Miel, 2022). Si bien diversas fuentes recomiendan valores mínimos de 12 °C (SADA, 2022), se adoptó un rango óptimo más amplio, de 10-25 °C, dentro del cual los polinizadores presentan un desempeño adecuado. Temperaturas superiores pueden incrementar el estrés térmico y la demanda hídrica, reduciendo su actividad.
- **Precipitación.** Se utilizó la precipitación media anual como indicador indirecto de disponibilidad hídrica y de floración. Para condiciones adecuadas de actividad apícola, se considera un rango óptimo entre 600 y 2.500 mm/año (SIAP, 2019).

Valores inferiores reflejan deficiencia hídrica, mientras que precipitaciones excesivas pueden limitar la actividad de pecoreo debido a las condiciones climáticas que conlleva.

- **Cobertura del suelo.** La presencia de vegetación es fundamental para asegurar recursos florales y hábitats adecuados para los polinizadores. Las coberturas con vegetación natural presentan la mayor aptitud, mientras que superficies agrícolas pueden tener aptitud moderada dependiendo del tipo de cultivo y uso de agroquímicos. En el caso de las zonas urbanas, cuerpos de agua, glaciares, áreas mineras y superficies desnudas presentan aptitud baja o nula, al no ofrecer recursos, ni hábitats adecuados.
- **Índice de riqueza absoluta de especies.** La diversidad biológica se utilizó como un indicador proxy de la probabilidad de presencia de polinizadores, bajo el supuesto de que áreas con mayor riqueza de especies poseen condiciones más favorables para su existencia. La reclasificación se realizó mediante cuantiles ajustados y se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores de clasificación para el índice de riqueza de especies

Cantidad de especies	Probabilidad
Menor a 200	Baja
200 a 500	Moderada – Baja
500 a 1.000	Moderada
1.000 a 1.500	Moderada – Alta
Mayor a 1.500	Alta

Fuente: Elaboración propia

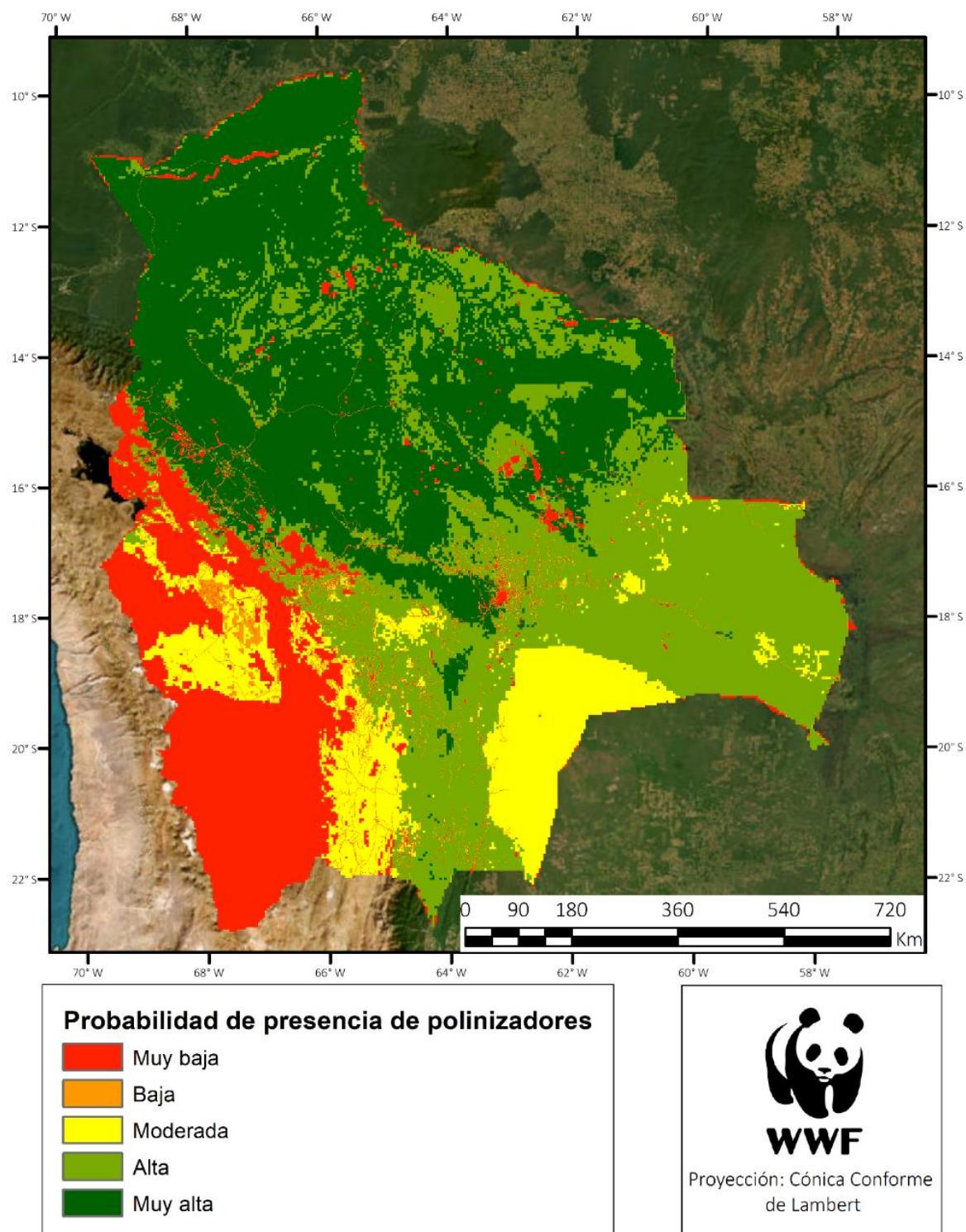
El análisis de la superposición ponderada permitió generar el mapa de probabilidad de presencia de polinizadores. En este, se observa que gran parte del altiplano presenta valores bajos, debido a sus condiciones biofísicas (temperaturas reducidas, escasa vegetación y alta variabilidad climática) que limitan la disponibilidad de recursos para estas especies. En contraste, la Amazonía boliviana muestra las mayores probabilidades de presencia, asociadas a su elevada diversidad biológica, abundancia de vegetación y condiciones climáticas más favorables. En el Chaco, los períodos prolongados de sequía reducen la disponibilidad de agua y flora, lo que se traduce en probabilidades moderadas. En el oriente boliviano, salvo en las áreas urbanas, se identifica una probabilidad alta de presencia de polinizadores.

A partir de la zonificación obtenida, se aplicaron filtros adicionales para delimitar con mayor precisión las áreas potenciales. El primero corresponde a las zonas mineras, donde las actividades de extracción, excavación y descarga de efluentes, además de las emisiones atmosféricas, generan impactos significativos sobre la biodiversidad, incluyendo pérdida de hábitat, toxicidad y alteraciones en la calidad de agua (Johnson, S., 2006). Por ello, estas áreas son consideradas con muy baja probabilidad de presencia de polinizadores.

El segundo filtro corresponde a las redes eléctricas de alta y media tensión. Estudios realizados en Chile evidencian que, dentro de un radio de 200 metros alrededor de estas infraestructuras, la presencia de polinizadores es considerablemente baja debido a la limitada vegetación y al comportamiento errático observado en especies como las abejas, las cuales tienden a abandonar la zona (CEAZA, 2019). Con base en el estudio, se generó un buffer de 200 metros alrededor de las redes eléctricas disponibles en las capas de información, asignando a estas áreas una probabilidad muy baja de presencia de polinizadores.

Con los filtros aplicados se obtiene los resultados en el Mapa 1.

Mapa 1. Probabilidad de presencia de polinizadores en Bolivia



Fuente: Elaboración propia

3.2. Mapa de presencia de cultivos que requieren polinizadores – demanda de polinizadores

Para elaborar el mapa de demanda de polinizadores se utilizaron los datos de producción por municipio proporcionados por el Sistema Integrado de Información Productiva (SIIP). A partir de los productos considerados en el cálculo del valor económico, se estimó el porcentaje de producción de cada cultivo por municipio. De este modo, el valor municipal se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$BLAA_{Mun} = \sum (BLAA_i * PM_i)$$

Donde:

$BLAA_{Mun}$ es el Beneficio Local Anual Actual de cada municipio.

$BLAA_i$ es el valor económico calculado para cada producto i.

PM_i es el porcentaje de la producción municipal del producto i.

Bajo este enfoque, los municipios con mayor producción de cultivos dependientes de polinización se interpretan como aquellos con mayor demanda potencial de polinizadores.

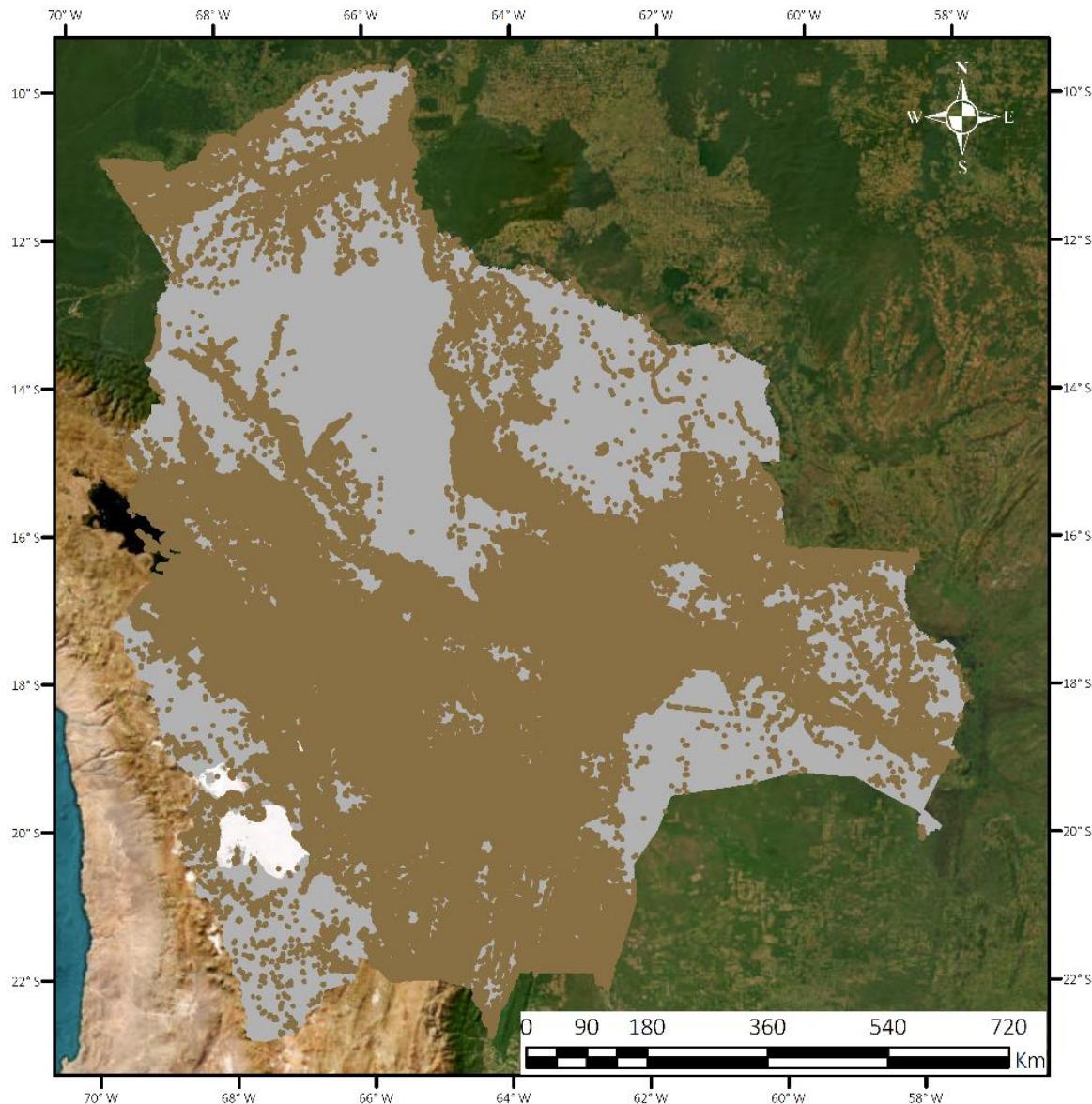
Posteriormente, y con el fin de precisar espacialmente la ubicación de dicha demanda, se generó una capa utilizando las clases “Agricultura” y “Mosaico de Usos” del mapa de cobertura de suelo de MapBiomas Bolivia. Esta información permite identificar con mayor detalle las áreas en las cuales ocurre efectivamente la actividad agrícola que requiere polinización.

Adicionalmente, se incorporó el criterio del radio de influencia de los polinizadores. Diversos estudios señalan que, especies como las abejas suelen desplazarse entre 2 y 4 kilómetros desde su colmena (Seeley, T., 1992). Considerando este rango, se generó un buffer promedio de 3 kilómetros alrededor de las zonas clasificadas como agricultura y mosaico de usos. El Mapa 2 se interpreta como el espacio donde confluyen la oferta y la demanda de polinizadores, ya que el valor municipal se distribuye tanto en las áreas agrícolas como en la franja de 3 kilómetros que las rodea. Esto implica que, los polinizadores cuyas colmenas, nidos u otros sitios de permanencia se encuentren hasta 3 kilómetros fuera de los campos de cultivos actúan como agentes de polinización de los mismos.

Esta área de influencia se intersecta con el mapa de probabilidad de presencia de polinizadores (Mapa 1) para distribuir el BLAA municipal según la probabilidad espacial de presencia. Bajo este criterio, las áreas con mayor probabilidad reciben una proporción mayor del valor. El resultado (Mapa 3) corresponde a la distribución espacial del BLAA. Dado que el VETAP se estimó asumiendo un incremento del 18% sobre el BLAA, se aplicó este mismo porcentaje al valor distribuido por unidad de área en el Mapa 4.

Es importante mencionar que los resultados son presentados en USD por hectárea.

Mapa 2. Áreas de intersección de oferta y demanda de polinizadores



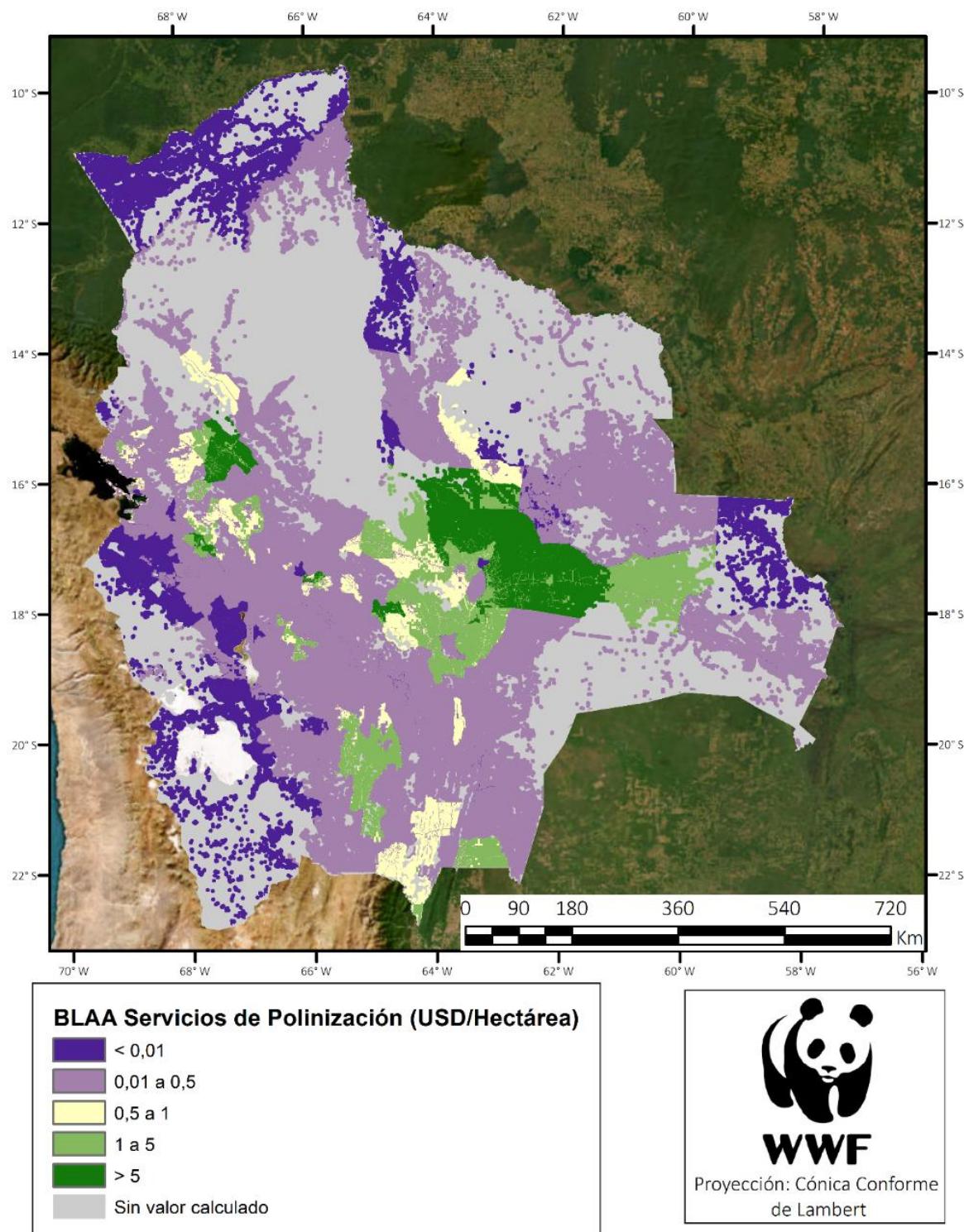
 Buffer de Agricultura / Mosaico de usos a 3 Km
 Áreas sin Agricultura / Mosaico de usos



Proyección: Cónica Conforme
de Lambert

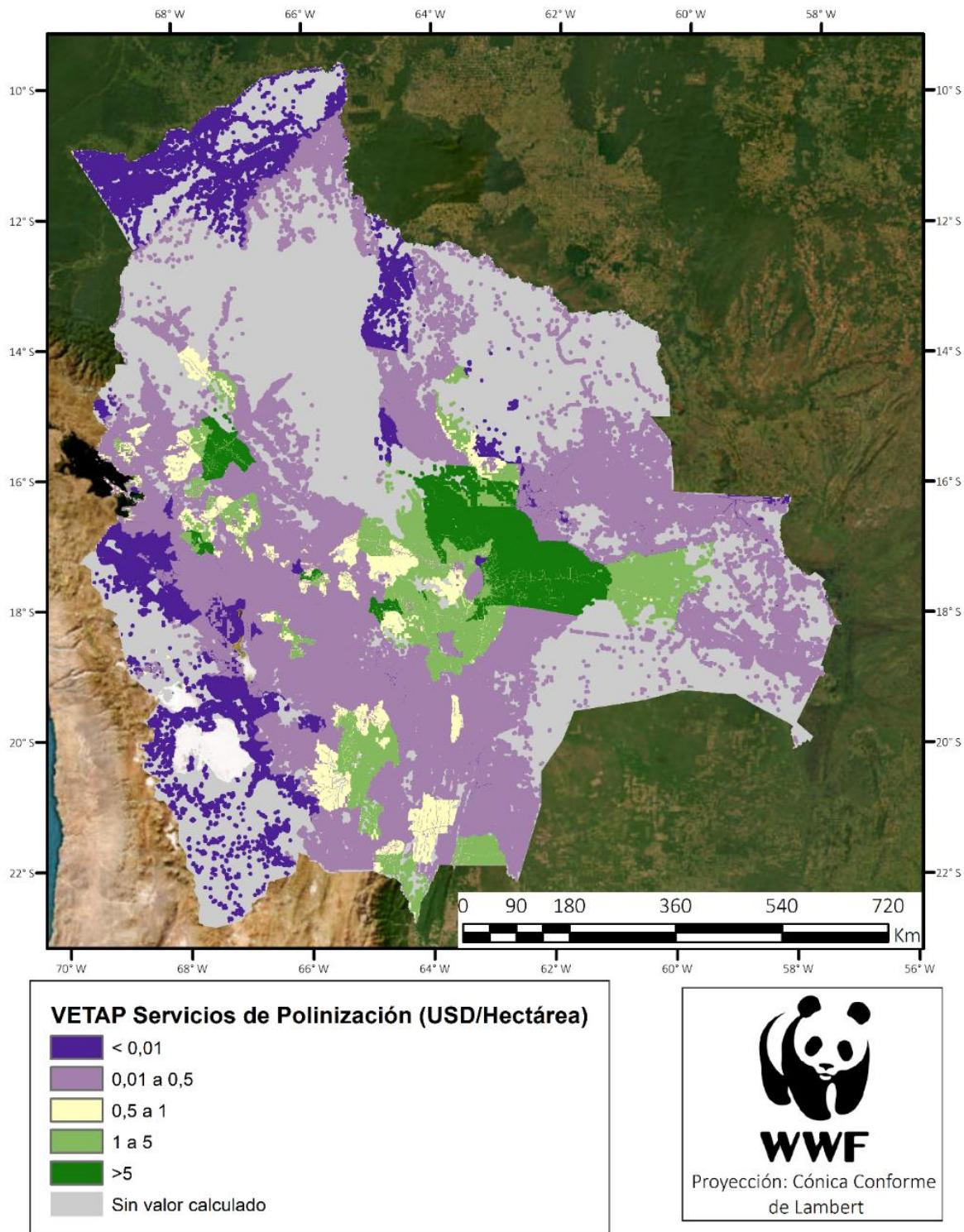
Fuente: Elaboración propia. Este mapa refleja el área de influencia que implica las áreas de Agricultura y Mosaico de usos y 3km alrededor de los mismos

Mapa 3. Beneficio Local Anual Actual (BLAA) del servicio de polinización en Bolivia



Fuente: Elaboración propia

Mapa 4. Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP) del servicio de polinización en Bolivia



Fuente: Elaboración propia

4. Limitaciones

Para la estimación del servicio ecosistémico de polinización se enfrentaron diversas limitaciones, principalmente relacionadas con la inclusión de grupos de polinizadores debido a la variedad de abejas y abejorros. Si bien existen otros agentes relevantes, como murciélagos y colibríes, la escasez de estudios sistemáticos y de datos específicos sobre su contribución a la polinización de cultivos agrícolas impidió su incorporación en el análisis.

Es importante destacar que la polinización en los ecosistemas amazónicos constituye un proceso esencial para la producción de frutos silvestres. Especies como el cacao y la castaña dependen en más del 90% de la acción de los polinizadores. No obstante, el valor económico de estos productos ya ha sido considerado en la estimación del servicio ecosistémico de provisión de frutos del bosque; por ello, el valor asociado a su polinización se encuentra implícito en dicho cálculo.

La estimación del valor económico del servicio se basó en información proveniente del INE, FAOSTAT y literatura especializada sobre la dependencia de los cultivos respecto a los polinizadores. En consecuencia, se excluyeron aquellos cultivos para los cuales no existían estudios que respaldaran dicha dependencia. Asimismo, en los casos en que no se dispuso de precios específicos para Bolivia, se recurrió a valores referenciales de Perú, lo que introduce un margen adicional de incertidumbre en las estimaciones.

La ponderación relativa de las variables utilizadas para modelar la probabilidad de presencia de polinizadores se estableció a partir de su relevancia ecológica, dado que no existen modelos validados o estudios empíricos que definan con precisión la importancia relativa de cada variable en el contexto nacional.

En cuanto a la resolución espacial de los datos, la mayoría de las variables se trabajó con una resolución homogénea de 30m x 30m. Sin embargo, el índice de riqueza de especies presentó una resolución distinta (3.900m x 3.900m), debido a la limitada disponibilidad de información a una escala más detallada, lo cual podría afectar la precisión espacial de los resultados finales.

Debido a la ausencia de proyecciones espaciales detalladas sobre la ubicación futura de áreas degradadas potencialmente aptas para la expansión agrícola, se utilizó la misma capa espacial de cultivos actuales para la estimación del escenario potencial.

Finalmente, la validación empírica de la presencia de polinizadores enfrenta restricciones significativas debido a la amplia extensión del área de estudio. Si bien existen registros en plataformas como INaturalist, estos se concentran en áreas urbanas y no tienen una distribución homogénea de registros, por lo que no se cuenta con datos suficientes y podría generar un sesgo si se incluyen como variables para la delimitación de presencia de polinizadores.

5. Cálculo del valor del servicio de polinización provisto por las áreas protegidas y territorios indígenas de Bolivia

5.1. Valor total a nivel municipal

Una vez realizada la estimación del Beneficio Local Anual Actual y el Valor Económico Total Anual Potencial del servicio ecosistémico de polinización, se realiza el análisis a nivel municipal, donde el valor actual como potencial se concentra principalmente en los municipios del departamento de Santa Cruz.

Tabla 7. Beneficio Local Anual Actual (BLAA) del servicio de polinización, por municipio

Departamento	Municipio	Valor BLAA (Miles de USD)
Santa Cruz	San Julián	22.901
Santa Cruz	Cuatro Cañadas	9.289
Santa Cruz	San Pedro	8.026
Santa Cruz	Pailón	7.640
Santa Cruz	Santa Rosa del Sara	3.973
La Paz	Caranavi	3.856
Santa Cruz	El Puente	2.966
Santa Cruz	Okinawa Uno	2.717
Santa Cruz	San José de Chiquitos	2.664
Santa Cruz	San Juan	1.632
Otros municipios		32.890
TOTAL		98.555

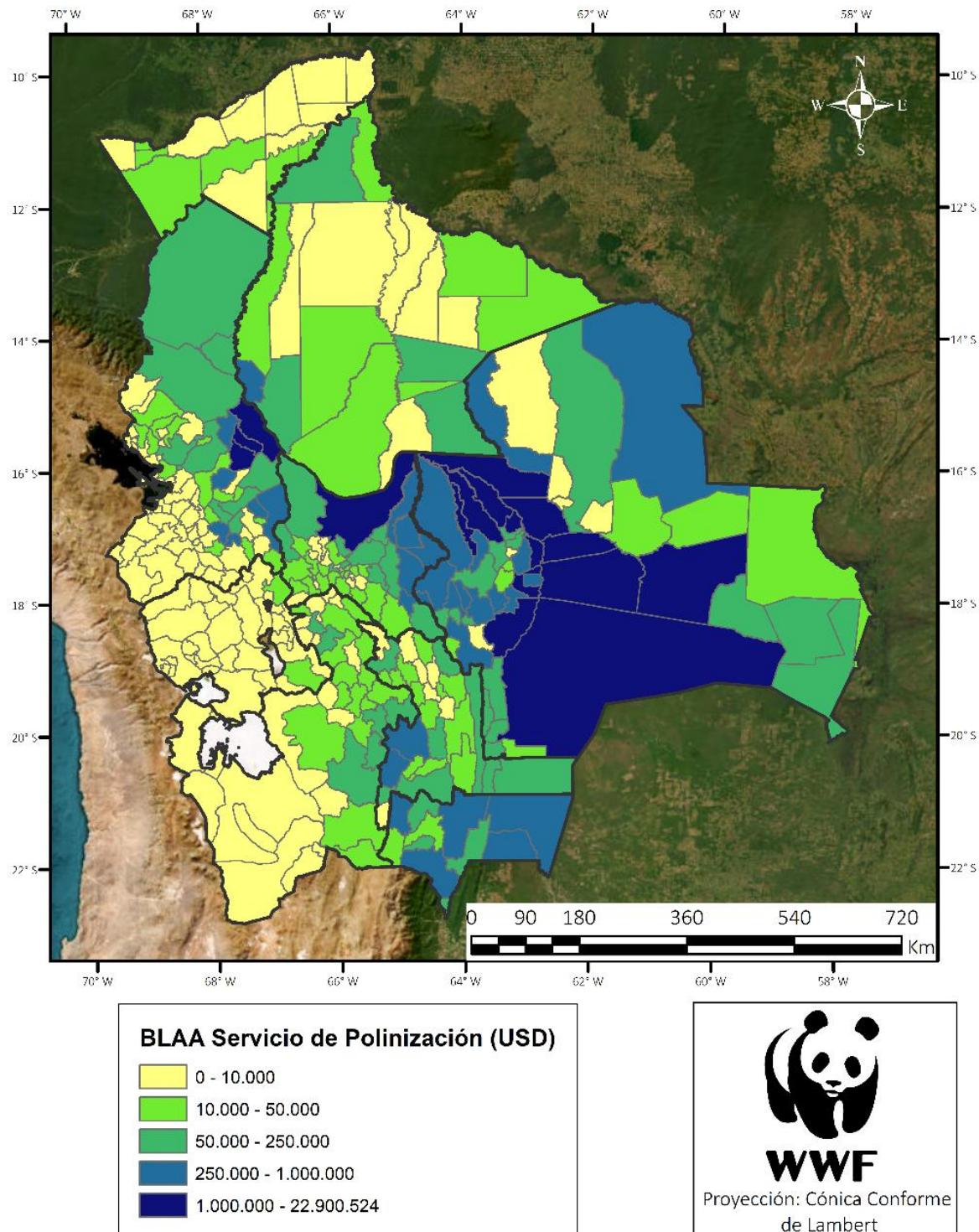
Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP) del servicio de polinización, por municipio

Departamento	Municipio	Valor VETAP (Miles de USD)
Santa Cruz	San Julián	27.023
Santa Cruz	Cuatro Cañadas	10.961
Santa Cruz	San Pedro	9.471
Santa Cruz	Pailón	9.015
Santa Cruz	Santa Rosa del Sara	4.688
La Paz	Caranavi	4.550
Santa Cruz	El Puente	3.500
Santa Cruz	Okinawa Uno	3.206
Santa Cruz	San José de Chiquitos	3.144
Santa Cruz	San Juan	1.926
Otros municipios		38.810
TOTAL		116.294

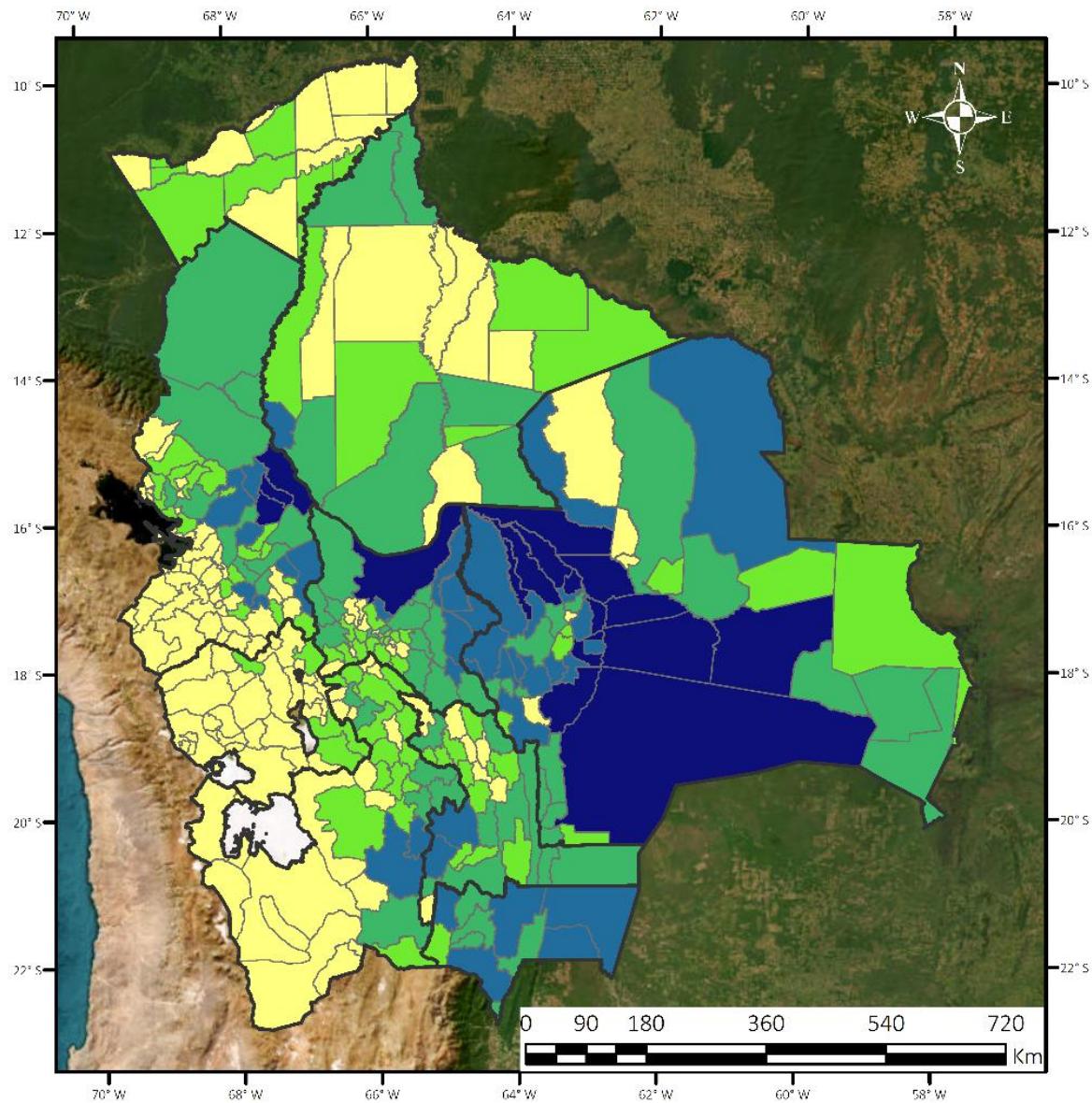
Fuente: Elaboración propia

Mapa 5. BLAA del servicio de polinización por municipio, en dólares



Fuente: Elaboración propia

Mapa 6. VETAP del servicio de polinización por municipio, en dólares



Fuente: Elaboración propia

5.2. Valor total en las Áreas Protegidas de Bolivia

Se realizó el análisis por área protegida, donde destacan las áreas que se encuentran entre Cochabamba y Santa Cruz, cercanos al área de mayor actividad agrícola del país. Con respecto a las categorías de Áreas Protegidas, las áreas nacionales y departamentales son las que presentan un mayor valor económico.

Tabla 9. Beneficio Local Anual Actual (BLAA) y Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP) del servicio de polinización, por Área Protegida Nacional

Nombre de AP	Total BLAA (USD)	Promedio BLAA (USD/ha)	Total VETAP (USD)	Promedio VETAP (USD/ha)
Amboró	1.033.990	3,69	1.220.108	4,36
Carrasco	718.039	1,05	847.286	1,23
Pilón Lajas	454.836	1,13	536.706	1,33
Isiboro Sécure	406.468	0,31	479.633	0,37
Kaa-iya del Gran Chaco	301.178	0,2	355.390	0,23
Tariquía	160.107	0,65	188.927	0,76
Tunari	133.898	0,41	157.999	0,48
San Matías	118.775	0,04	140.154	0,05
Madidi	85.008	0,12	100.309	0,14
Cotapata	70.755	2,26	83.491	2,67
Iñao	69.535	0,52	82.051	0,61
Otuquis	57.989	0,15	68.427	0,17
Cordillera de Sama	52.679	0,49	62.162	0,58
Aguarague	51.510	0,94	60.781	1,11
El Cardón	31.694	0,88	37.399	1,04
Noel Kempff Mercado	24.024	0,02	28.348	0,02
Manuripi	14.672	0,02	17.313	0,02
Apolobamba	14.372	0,03	16.960	0,04
Estación Biológica del Beni	6.682	0,05	7.885	0,06
Torotoro	1.762	0,11	2.079	0,12
El Palmar	1.384	0,02	1.634	0,03
Eduardo Avaroa	38	0	45	0
Total AP Nacionales	3.809.395	13,08	4.495.086	15.43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Beneficio Local Anual Actual (BLAA) del servicio de polinización y Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP), por Área Protegida Departamental

Nombre de AP	Total BLAA (USD)	Promedio BLAA (USD/ha)	Total VETAP (USD)	Promedio VETAP (USD/ha)
Humedales del Norte	1.766.351	3,45	2.084.294	4,07

Río Grande y Valles Cruceños	981.267	1,33	1.157.895	1,57
Laguna Concepción	597.044	4,63	704.512	5,46
Serranía Sararenda	184.093	1,27	217.230	1,5
Lomas de Arena	69.960	4,97	82.553	5,87
Las Chapeadas	52.804	0,37	62.308	0,44
Incasani Altamachi	47.651	0,14	56.228	0,16
Eva Eva Mosetenes	38.391	0,15	45.301	0,18
Santa Cruz La Vieja	33.183	1,93	39.156	2,28
Guendá Urubó	22.144	0,5	26.130	0,59
Otras AP Departamentales	72.072	3,39	85.045	4
Total AP Departamentales	3.864.960	22,13	4.560.652	26,12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Beneficio Local Anual Actual (BLAA) del servicio de polinización y Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP), por Área Protegida Municipal

Nombre de AP	Total BLAA (USD)	Promedio BLAA (USD/ha)	Total VETAP (USD)	Promedio VETAP (USD/ha)
Alto Beni	440.633	22,18	519.947	26,17
Rincón del Tigre y Cajones	334.548	28,22	394.767	33,31
Mayaya	150.028	3,45	177.033	4,07
Santa Cruz La Vieja	137.784	1,74	162.586	2,05
Pasorapa	111.691	0,63	131.795	0,74
Serranía de Ticoma	106.071	14,35	125.164	16,94
Parabanó	105.842	2,84	124.894	3,35
Norte de Tiquipaya	104.834	0,88	123.704	1,04
Entre Ríos	101.297	0,7	119.530	0,83
Dowara Kanda Tech Uyapi	83.781	3,49	98.861	4,12
Otras AP Municipales	821.045	137,36	968.833	162,08
Total AP Municipales	2.497.554	215,84	2.947.113	254,69

Fuente: Elaboración propia

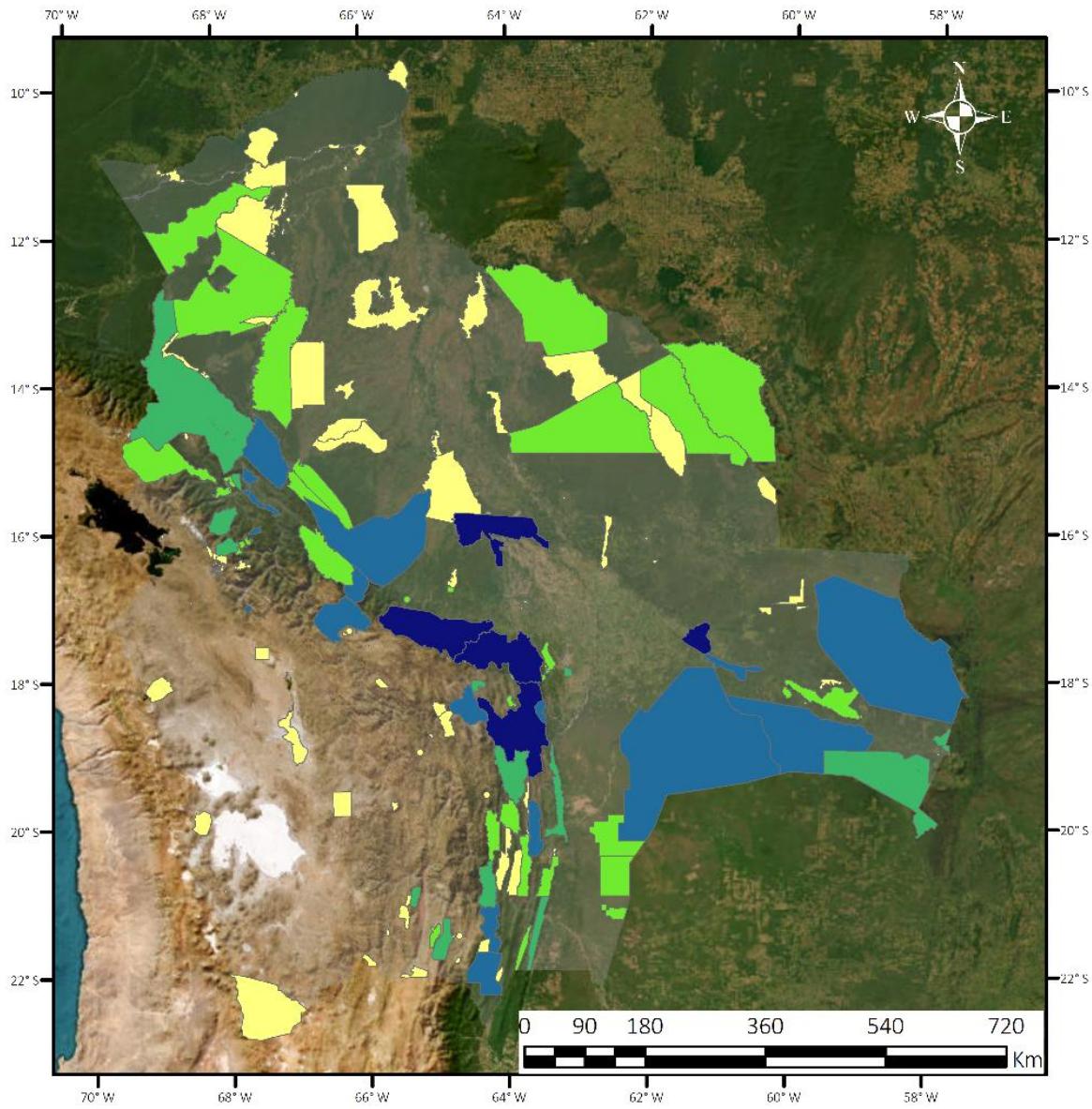
Tabla 12. Beneficio Local Anual Actual (BLAA) del servicio de polinización y Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP), por Área Protegida Indígena

Nombre de AP	Total BLAA (USD)	Promedio BLAA (USD/ha)	Total VETAP (USD)	Promedio VETAP (USD/ha)
Ñembi Guasu	162.895	0,14	192.217	0,16
Irenda	58.261	0,39	68.748	0,46
Guajukaka	28.490	0,1	33.618	0,12

Total AP Indígenas	249.646	0,62	294.582	0,73
-----------------------	---------	------	---------	------

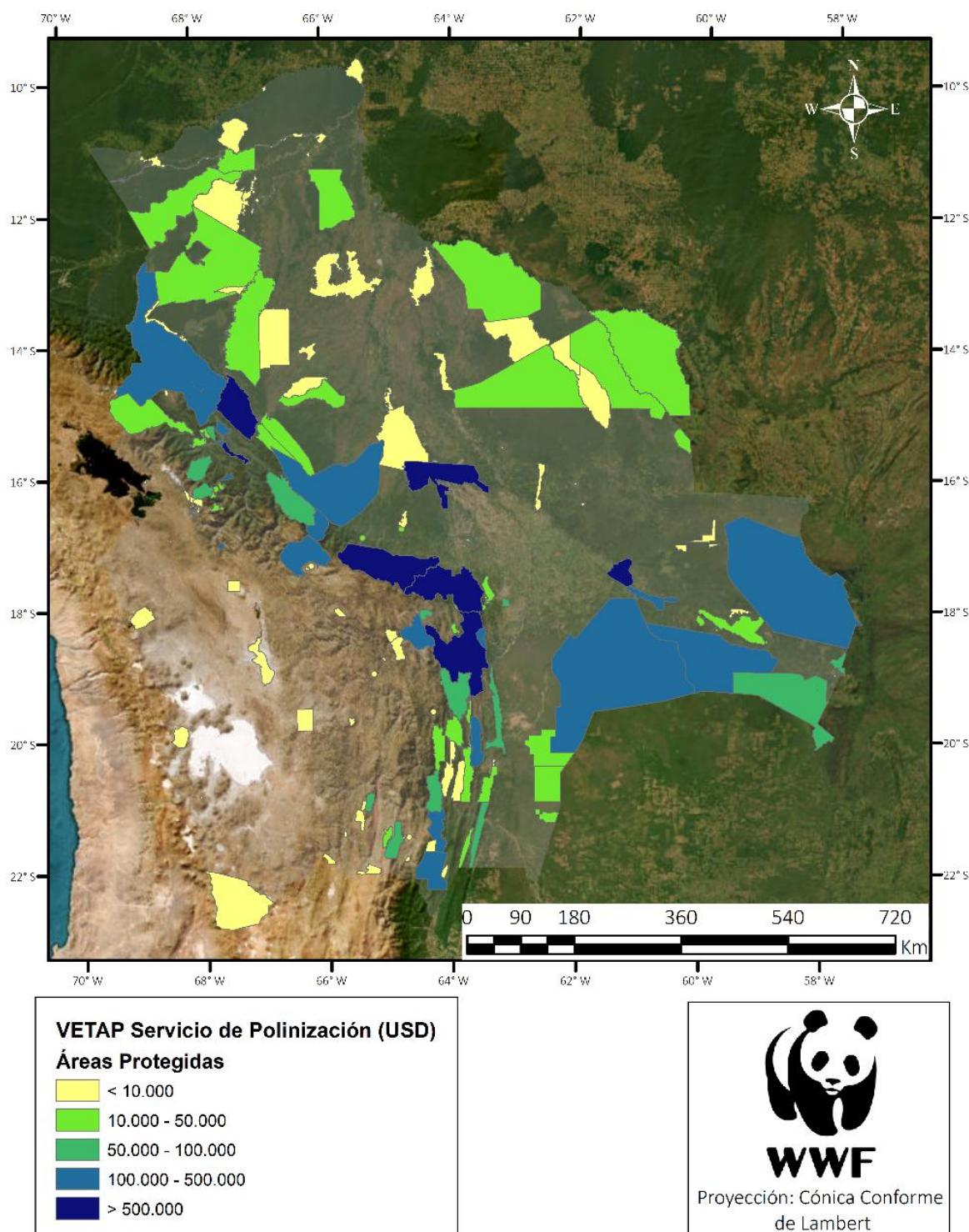
Fuente: Elaboración propia

Mapa 7. BLAA del servicio de polinización por Área Protegida, en dólares



Fuente: Elaboración propia

Mapa 8. VETAP del servicio de polinización por Área Protegida, en dólares



Fuente: Elaboración propia

5.3. Valor total en los Territorios Indígenas de Bolivia

En el caso de los Territorios Indígenas, la valoración económica es mayor en las áreas demandadas, es debido a la expansión de terreno que se demanda. Los territorios de mayor valor económico se encuentran entre los departamentos del Beni y La Paz, con algunos otros en Cochabamba y Santa Cruz.

Tabla 13. Beneficio Local Anual Actual (BLAA) y Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP) del servicio de polinización, por Territorio Indígena (Titulado)

Nombre de TIOC Titulado	Total BLAA (USD)	Promedio BLAA (USD/ha)	Total VETAP (USD)	Promedio VETAP (USD/ha)
Central de Organización de los Pueblos Nativos Guarayos (COPNAG)	389.951	0,29	460.142	0,34
Organización del Pueblo Indígena Mosetenes (OPIM)	380.841	3,81	449.392	4,49
Consejo Regional T'simane Mosetenes Pilón Lajas	327.701	0,95	386.687	1,12
Territorio Indígena del Parque Nacional Isiboro Secure (TIPNIS)	218.909	0,2	258.313	0,24
Capitanía del Alto y Bajo Isoso Cabi	197.313	0,3	232.829	0,36
Consejo de Caciques Jatun Kellaja, Llajta Yucasa, Cantu Yucasa y Asanaque	151.815	1,64	179.141	1,93
Consejo Indígena Yuracare (Coniyura)	141.452	0,45	166.913	0,53
Asociación de Comunidades Indígenas Guaranés de la Capitanía Alto Parapetí	99.399	1,19	117.291	1,4
Organización Consejo Yuqui Bia Recuate - Ciri	86.203	0,75	101.720	0,88
Asociación Comunitaria Pc Turubo Este	82.333	0,82	97.153	0,97
Otros TIOC Titulados	1.417.327	61,97	1.672.446	73
Total TIOC Titulados	3.493.244	72,37	4.122.028	85,4

Fuente: Elaboración propia

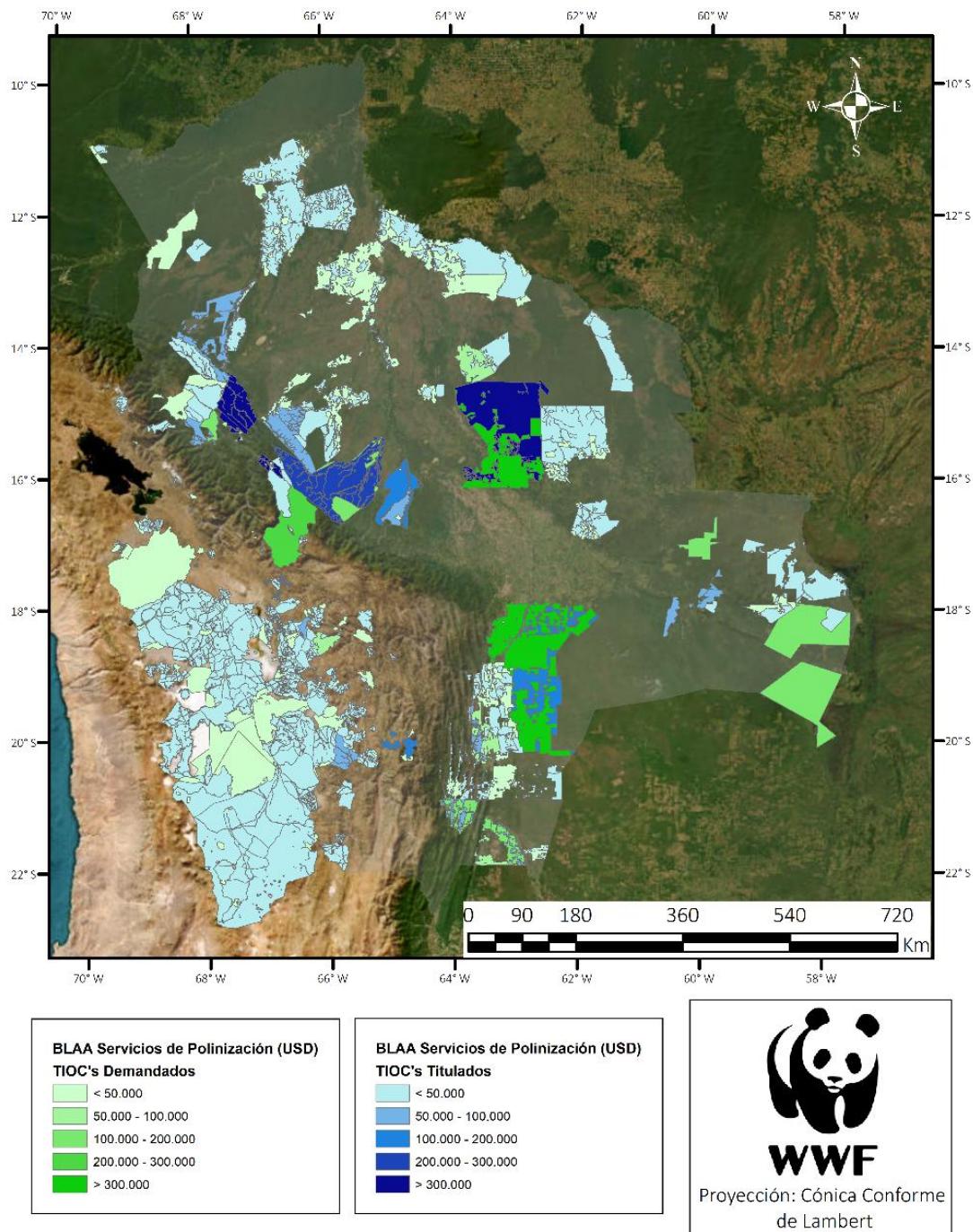
Tabla 14. Beneficio Local Anual Actual (BLAA) y Valor Económico Total Anual Potencial (VETAP) del servicio de polinización, por Territorio Indígena (Demandado)

Nombre de TIOC Demandado	Total BLAA (USD)	Promedio BLAA (USD/ha)	Total VETAP (USD)	Promedio VETAP (USD/ha)
Central de Organización de los Pueblos Nativos Guarayos (COPNAG)	1.496.762	1,96	1.766.180	2,31
Asociación Comunitaria de Takovo Mora	928.135	2,81	1.095.199	3,32
Capitanía del Alto y Bajo Isoso Cabi	719.827	0,5	849.396	0,59
Central Sindical Unica de Trabajadores Campesinos Originarios de Ayopaya (Csutcoa)	212.106	0,35	250.285	0,41
Territorio Indígena del Parque Nacional Isiboro Secure (TIPNIS)	163.902	0,94	193.404	1,1
Comunidad Indígena del Pueblo Weenhayek	142.513	0,96	168.165	1,13
Comunidad Ayoreo Guaye - Rincon del Tigre	141.250	0,09	166.675	0,1
Lecos de Larecaja	126.226	1,57	148.947	1,85
Asociación Comunitaria Asamblea del Pueblo Guaraní del Itika - Guasu	107.763	0,74	127.160	0,88
Ace Catato	104.316	0,61	123.093	0,72

Otras TIOC Demandadas	848.941	30,5	1.001.751	35,99
Total TIOC Demandados	4.991.742	41,01	5.890.255	48,39

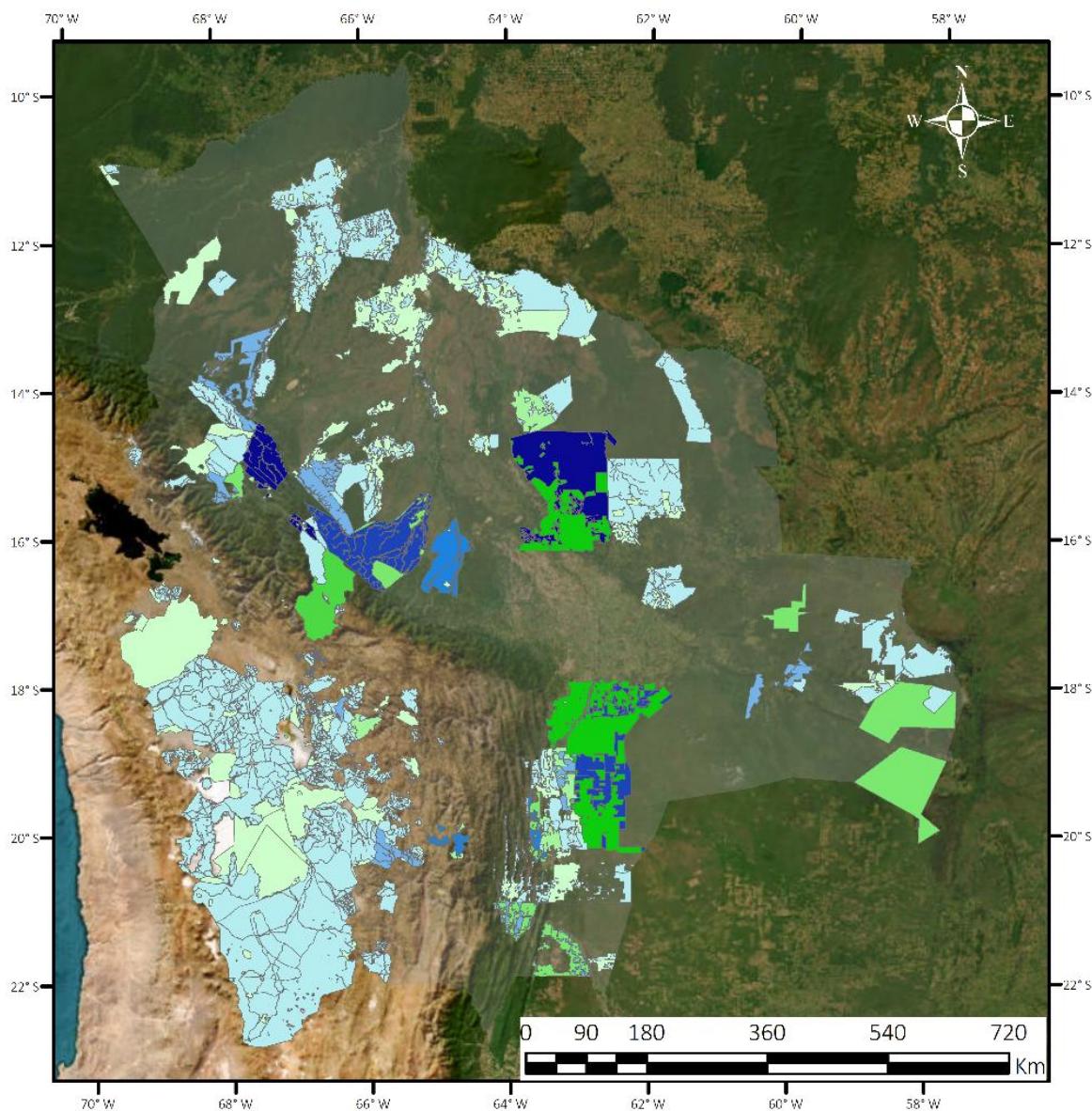
Fuente: Elaboración propia

Mapa 9. BLAA del servicio de polinización por Territorio Indígena, en dólares



Fuente: Elaboración propia

Mapa 10. VETAP del servicio de polinización por Territorio Indígena, en dólares



Fuente: Elaboración propia

6. Conclusiones

Si bien el valor de los servicios ecosistémicos en Bolivia no es considerado dentro de la planificación territorial, su valor llega a ser significativo. En el caso del servicio ecosistémico de polinización, contribuye tanto en términos monetarios como en la seguridad alimentaria del país, desempeñando un papel fundamental en el equilibrio ecológico y la conservación ambiental.

El valor económico actual estimado del servicio de polinización asciende a USD 98,5 millones, mientras que el valor potencial alcanza los USD 116 millones, lo que representa un aumento del 18% con respecto al valor actual. Este se distribuye principalmente en el departamento de Santa Cruz y algunas zonas de La Paz, Cochabamba y Beni.

Los valores más elevados de este servicio se concentran en áreas protegidas próximas a zonas de cultivos. Si bien la Amazonía presenta una alta probabilidad de presencia de polinizadores, la distancia respecto a los cultivos impide incorporar estos espacios en la estimación del servicio económico asociado a la polinización agrícola.

En cuanto a las áreas protegidas, aquellas ubicadas en los departamentos de Cochabamba y Santa Cruz presentan los valores más altos asociados al servicio de polinización. Entre las Áreas Protegidas Nacionales destaca el Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Amboró, mientras que, a nivel departamental, resaltan los Humedales del Norte, Río Grande y Valles Cruceños.

En el caso de los Territorios Indígenas, los mayores valores se registran en los territorios demandados, posiblemente debido a la mayor presencia de áreas de cultivo o en las proximidades de estos espacios. Entre ellos, el territorio de la Central de Organización de los Pueblos Nativos Guarayos (COPNAG) presenta la mayor relevancia en ambos tipos de TIOC.

7. REFERENCIAS

- Apicultura y Miel. (5 de enero de 2022). Colmenas en invierno. Apiculturaymiel.com. Obtenido de <https://apiculturaymiel.com/apicultura/colmenas-en-invierno-10-puntos-revision/>
- CEAZA. (2019). Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas. Obtenido de <https://www.utalca.cl/noticias/investigacion-demuestra-efectos-daninos-de-lineas-electricas-en-abejas-y-en-polinizacion/>
- Choque, S., Argandoña, F., Ortiz, A., Calderón, D., Muñoz, A., Miranda, S., (2023). Zonificación Agroecológica (ZAE) para Bolivia. SDSN Bolivia Working Paper. Disponible en: <https://sdsnbolivia.org/documento-de-trabajo-n-2-2023-zonificacion-agroecologica-zae-para-bolivia/>
- Garibaldi, L., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M., Bommarco, R., Cunningham, S., Carvalheiro, L., Afik, O., Bartomeus, I., Benjamin, F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff, N., Dudenhöffer, J., Freitas, B., Ghazoul, J., Greenleaf, S., Hipólito, J., Westphal, C., (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611. Obtenido de <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1230200>
- Hannah Ritchie (2021) - "How much of the world's food production is dependent on pollinators?" Published online at OurWorldInData.org. Disponible en: 'https://ourworldindata.org/pollinator-dependence' [Online Resource]
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (s.f.). Fisiografía de Bolivia. Obtenido de <https://www.bolivian.com/bolivia/fisiografia.html>

- Infomiel. (12 de diciembre de 2021). Agua: las abejas y la importancia del agua en el día a día. Obtenido de <https://infomiel.com/agua-las-abejas-la-importancia-del-agua-dia-dia/>
- IPBES. (2016). The Assessment Report on Pollinators, Pollination and Food Production. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany: SG Potts, VL Imperatriz-Fonseca y HT Ngo. Obtenido de <https://doi.org/10.5281/zenodo.3402856>
- Johnson, S. (2006). Guía de Buenas Prácticas para la minería y la biodiversidad. Consejo Internacional de Minería y Metales. Londres: Mindpower.
- Klein, A.-M., Vaissière, B., Cane, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. The Royal Society, 247(1608), 303-313. Obtenido de <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rspb.2006.3721>
<http://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Leguia, D., Malki, A., & Ledezma, J. (2011). *Análisis del Costo de Oportunidad de la Deforestación Evitada en el Noroeste Amazónico de Bolivia*. La Paz: Conservartion Strategy Fund
- Meeuse, B., (26 de agosto del 2024). *Pollination*. Obtenido de Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/science/pollination>
- Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible (MTMS). (2015). Estimación del índice de Martonne. Obtenido de https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/carreteras/A37-VA-3520/Anejo_n%C2%BA5_Climatolog%C3%ADa_e_Hidrolog%C3%ADa.pdf
- Sociedad Argentina de Apicultores (SADA). (31 de mayo de 2022). Clima: Su influencia sobre las colonias y la flora apícola. SADA.org.ar. Obtenido de Sociedad Argentina de Apicultores: <https://sada.org.ar/clima-su-influencia-sobre-las-colonias-y-la-flora-apicola/>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (12 de septiembre de 2019). Miel de abeja. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-miel-de-abeja>
- Seeley, T. (1992). *Honeybee Ecology: A Study of Adaptation in Social Life*. Princeton University Press. Obtenido de https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/pecoreo_de_apis_mellifera_flores_soya.pdf
- Sotelo, E., Cruz, G., Gonzales, A., & Moreno, F. (2016). Determinación de la aptitud del terreno para maíz mediante análisis espacial multicriterio en el Estado de México. Disponible en Revista mexicana de ciencias agrícolas, 401-412.
- Vallecillo, S., La Notte, A., Polce, C., Zulian, G., Alexandris, N., Ferrini, S., & Maes, J. (2018). *Ecosystem services accounting Part I Outdoor recreation and crop pollination*. Luxemburg: Publications Office of the European Union. Obtenido de: doi:10.2760/619793