



FCyT
Facultad de Ciencia
y Tecnología

MAESTRÍA EN GEOMÁTICA APLICADA A LA GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES

Trabajo Final de Maestría

**“Uso de herramientas geomáticas para la regulación de
la trashumancia apícola estacional: hacia un
ordenamiento territorial proactivo”**

Requisito para obtener el grado de
Magister en Geomática Aplicada a la Gestión de Riesgos
Ambientales

Resolución N° 1461-12 Consejo Superior UADER

Ing. Daniela María Chemez
Ingeniera Agrónoma – UNER – 2015

Director: **Dra. Guillermina Andrea Fagúndez**
Codirector: **Dra. Lisandra Pamela Zamboni**

Diamante, Argentina
2025

ÍNDICE

Resumen.....	pág.3
Abstract.....	pág.4
Introducción.....	pág.5
Área de estudio.....	pág.9
Objetivo General.....	pág.11
Objetivos Específicos.....	pág.11
Materiales y Métodos.....	pág.12
Materiales.....	pág.12
Método.....	pág.14
Resultados	pág.27
Interpretación de Resultados.....	pág.30
Conclusión.....	pág.31
Bibliografía.....	pág.32
Anexo.....	pág.36
Anexo 1.....	pág.36
Anexo 2.....	pág.38
Agradecimientos.....	pág.42

RESUMEN

Este trabajo propone aplicar herramientas de la geomática, a partir de la utilización conjunta de un Sistema de Información Geográfico (SIG) y de mapas con información de interés apícola de la región forestal del departamento Concordia, Entre Ríos, Argentina. Concretamente se integró información espacial disponible en formato vectorial de geolocalización de apiarios registrados en el Registro Nacional de Productores Apícolas (RENAPA), en relación a macizos forestales implantados de *Eucalyptus* spp. y se obtuvo información sobre la actividad productiva mediante encuestas a productores apícolas de la región. Se utilizaron técnicas de análisis espacial para definir dos situaciones: en primer lugar, la “carga apícola real” (cantidad de colmenas por parcela forestal y su área de pecoreo); en segundo lugar, la “oferta potencial de recursos nectaríferos” (en adelante capacidad potencial de carga apícola). Dicha estimación surge evaluando en cada parcela el Índice de Verdor Diferencial Normalizado (NDVI) de los macizos forestales, durante el período de floración de los eucaliptos (Febrero -Mayo 2016/2017). Se utilizaron imágenes satelitales de libre distribución del sensor Sentinel-2A, provistas por la Agencia Espacial Europea y disponibles en el servidor de datos espaciales Earth Explorer (NASA). Como resultado se obtuvieron mapas de zonas con diferentes capacidades potenciales de carga apícola y mapas de zonas con diferentes densidades de colmenas de *Apis mellifera*. Esta información logró vincular de modo gráfico y ameno, la capacidad potencial de carga apícola de los bosques de eucaliptos con la demanda apícola, mostrando áreas en equilibrio de oferta y demanda (20%), algunas con sobrecarga de colmenas (35%), otras sub explotadas (45%), y zonas de aprovechamiento futuro, evidenciando ineficiencias productivas y su valía como herramienta útil para la regulación de trashumancia estacional de apiarios.

Palabras claves: SIG, mapa apícola, *Eucalyptus* spp., *Apis mellifera*.

ABSTRACT

This work proposes to apply geomatics tools, based on the joint use of a Geographic Information System (GIS) and maps with information of beekeeping interest of the forest region of the department of Concordia, Entre Ríos, Argentina. Specifically, spatial information available in vector format of geolocation of apiaries registered in the National Registry of Beekeeping Producers (RENAPA) was integrated, in relation to planted forest massifs of *Eucalyptus* spp. and information on productive activity was obtained through surveys of beekeepers in the region. Spatial analysis techniques were used to define two situations: firstly, the "actual beekeeping load" (number of hives per forest plot and their foraging area); secondly, the "potential supply of nectar resources" (hereinafter referred to as potential beekeeping carrying capacity). This estimate arises by evaluating in each plot the Normalized Differential Greenness Index (NDVI) of the forest masses, during the flowering period of the eucalyptus trees (February-May 2016/2017). Freely distributable satellite images from the Sentinel-2A sensor, provided by the European Space Agency and available on the Earth Explorer (NASA) space data server, were used. As a result, maps of areas with different potential beekeeping carrying capacities and maps of areas with different densities of *Apis mellifera* hives were obtained. This information managed to link in a graphic and entertaining way, the potential beekeeping carrying capacity of eucalyptus forests with beekeeping demand, showing areas in balance of supply and demand (20%), some with overload of hives (35%), others underexploited (45%), and areas of future use evidencing productive inefficiencies and its value as a useful tool for the regulation of seasonal transhumance of apiaries.

Keywords: GIS, beekeeping map, *Eucalyptus* spp., *Apis mellifera*.

INTRODUCCIÒN

Argentina es uno de los países con mayor tradición apícola en Latinoamérica (Basilio *et al.*, 2023), con una cantidad de colmenas en producción estimadas en 2.600.000 (SAN, 2019). La producción anual es de 67.000 toneladas de miel (FAOSTAT, 2017), lo cual ubica al país como uno de los primeros productores y exportadores de miel a nivel mundial. A nivel regional, la provincia de Entre Ríos ocupa el segundo lugar entre las provincias productoras (SAN, 2019), destacándose, entre otras, la región forestal, en la que se incluye el departamento Concordia debido especialmente a la producción de miel de *Eucalyptus* spp.(Fagúndez *et al.*, 2018).

En la provincia de Entre Ríos, las existencias de plantaciones forestales alcanzaron un total de 150.000 hectáreas, que representaron el 11% del total a nivel nacional. Se localizaron en la provincia 115.818 hectáreas del género *Eucalyptus* spp., representando el 80 % de las plantaciones forestales (Dirección General de Estadística y Censos – Ministerio de Economía Hacienda y Finanzas Provincia de Entre Ríos, 2021).

El eucalipto corresponde a uno de los principales géneros de la familia Myrtaceae, originario de Australia y cultivado en todo el mundo (Barbosa *et al.*, 2016). Las plantaciones de *Eucalyptus* spp. cubren más de 200.000 km² en todo el mundo (Iglesias-Trabado *et al.*, 2009; Laclau *et al.*, 2020) incluyendo las más de 800 especies registradas.

Particularmente en la región forestal de Entre Ríos, se realizan plantaciones de eucalipto con la finalidad primaria de obtención de madera y pasta de papel, pero también son aprovechados con fines apícolas en la época de floración (de febrero a mayo). Durante la floración, apicultores locales y trashumantes de zonas aledañas u otras regiones del país, trasladan temporalmente sus colmenas para el aprovechamiento de recursos nectaríferos y poliníferos de estos árboles, extendiendo así el período de producción apícola, que en buena parte de las regiones del país ya ha culminado para esta fecha.

El eucalipto es una reconocida fuente de néctar y polen para la apicultura, su miel se ha convertido en una miel monofloral popular entre los consumidores debido a su aroma y las propiedades medicinales de la planta (Barbosa *et al.*, 2016).

En los rodales implantados del departamento Concordia, la actividad apícola se inicia en el mes de febrero con la floración del *Eucalyptus* spp., y se prolonga hasta mayo según la especie o híbrido (Cavigliasso *et al.*, 2014). Esta floración presenta variaciones muy grandes en cuanto a fechas, concentración y producción de néctar y polen; todas ellas muy relacionadas con la especie, pero muy influenciadas también por las condiciones climáticas y ambientales (Carpineti *et al.*, 1995).

A los fines del presente trabajo se considera a la trashumancia, en el ámbito de la apicultura, como una práctica de traslado espacial y temporal de las colmenas a zonas geográficas que han sido identificadas como proveedoras u oferentes de floración de interés apícola, especialmente para la utilización de recursos nectaríferos, pero también poliníferos. Constituye esencialmente una acción estratégica del apicultor para incrementar los rendimientos de producción de miel y así mejorar su economía (Zoccali *et al.*, 2017), como así también brindar servicios de polinización específicos, producción de material vivo y desarrollo de núcleos para la conformación de colmenas productivas.

De acuerdo a los registros disponibles, no existen publicaciones que aporten datos sobre el rendimiento de miel de eucalipto para la región de Concordia. Sin embargo, en países de latitudes similares como Uruguay, se mencionan producciones de hasta 50 kg/colmena para el período de floración de los eucaliptos (Invernizzi *et al.*, 2011). A la producción de mieles ofrecidas por esta especie puede sumarse también la cosecha de polen, que es de 2-3 kg/colmena durante la temporada de floración y constituye un ingreso más a obtener por la colmena (Larocca *et al.*, 2007; Agrobit, 2019). Estos datos productivos justifican el traslado temporal de numerosas colmenas, que se instalan en la zona, para el aprovechamiento de los recursos melíferos de las plantaciones de *Eucalyptus* spp. Sin embargo, no existe control gubernamental que gestione y ordene el ingreso de colmenas hacia los rodales entrerrianos, lo cual genera reclamos de regulación de la trashumancia

por parte de los productores locales, perjudicando su producción por sobrecarga de colmenas en algunas zonas.

Uno de los principales problemas que se presenta al momento de intentar regular esta actividad, es el desconocimiento de valores aproximados de carga apícola (número de colmenas máximo que pueden instalarse por hectárea, sin que se vea disminuida la producción individual de las colmenas por déficit y/o sobreexplotación del recurso floral) para la zona.

En Australia, región de origen de las especies de *Eucalyptus* spp., la carga apícola de referencia es de 2 colmenas/ha (Toledo *et al*, 2013). Este valor, como se indicó anteriormente estará condicionado a su vez por factores de manejo de las plantaciones y variables climáticas por lo que difícilmente pueda considerarse extrapolable para la región de estudio.

Sumando complejidad al tema, el valor óptimo de carga potencial apícola de una plantación de eucalipto presumiblemente varía con las condiciones climáticas prevalentes y con el desarrollo del cultivo o con el manejo de tala, poda y resiembra. Consecuentemente necesitará reajustes de una temporada a otra o incluso dentro de la misma. Estos reajustes hacen necesario el monitoreo permanente de grandes superficies, lo que resulta muy poco práctico si solo se basa en observaciones a campo (*in situ*), por lo cual resulta ineludible utilizar otro tipo de herramientas.

En este marco, la geomática aporta tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la teledetección herramientas de significativa importancia para cuantificar y conocer la distribución espacial y temporal de la cobertura forestal, así como otros parámetros asociados a su estado y vigor, por ejemplo, el verdor de la vegetación. Dentro del campo de la teledetección existen trabajos científicos que aplican metodologías orientadas al estudio de la vegetación a partir de indicadores ambientales, entre los cuales se encuentra el Índice de Verdor Diferencial Normalizado (NDVI) (Rouse, 1972). El NDVI indica que cuanto mayor sea la diferencia entre las reflectividades de las bandas de

infrarrojo cercano (IRC) y la del rojo (R), mayor vigor vegetal presentará la cubierta observada (Chuvienco Salinero *et al.*, 2007).

Este índice, al igual que sus derivados, se basa en la diferencia entre la máxima absorción de radiación en la zona del rojo a causa de los pigmentos foto- sintéticos y del agua que almacenan las hojas (Chuvienco Salinero *et al.*, 2007).

En algunas especies florales los valores de NDVI son subestimados hasta cierto punto por el efecto de floración, debido al hecho de que las flores emergentes aumentan significativamente la reflectancia de la banda roja (Chen *et al.*, 2019). Sin embargo, estas disminuciones solo se dan en cultivos con floración muy expuesta que altera los índices de refracción medidos sobre el dosel por ejemplo en almendros o cultivos de colza o en floraciones naturales como praderas (Chen *et al.*, 2009).

No obstante, y a sabiendas que el eucalipto, visto cenitalmente, no expone su floración, en este trabajo se ha propuesto el uso de la teledetección utilizando el indicador NDVI que la bibliografía cita como indirectamente relacionados con la floración en paisajes naturales (Chen *et al.*, 2009); pero que es sensible al verdor en los rodales de eucaliptos implantados (Dixon *et al.*, 2021).

Se asume que la floración en esta especie representa un evento ecológico efímero que no altera sustantivamente los índices de refracción y por lo tanto para este trabajo se asume que cuanto mayor es el índice de verdor (consecuentemente mayor vigor y mayor cobertura de la canopia), será potencialmente mayor la oferta floral disponible a las abejas brindada por los montes de eucaliptos, sin perjuicio de lo cual y a fin de mejorar los ajustes se sugiere que nuevos estudios sean orientados a conocer más profundamente la real correlación entre el NDVI y la floración para las diferentes especies de eucaliptos implantadas en la región de estudio, aceptando que puedan existir diferencias atribuibles a las distintas especies y/o variedades utilizadas.

Por lo mencionado previamente y a los fines de aportar a la solución de la problemática planteada, en este trabajo se pretende generar, analizar, integrar, sistematizar

y mapear información de libre distribución, proveniente de diferentes fuentes, a fin de conocer y vincular aspectos claves y factores que intervienen en la producción apícola en sistemas forestales del área de estudio. De esta forma se sentarán las bases para la gestión apícola de los sistemas forestales y puntualmente a la adecuada regulación de la trashumancia estacional y el establecimiento de apiarios en base al potencial productivo regional.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio considerada en este trabajo corresponde al departamento Concordia de la provincia de Entre Ríos. Está ubicado entre los 31°23'32" de latitud Sur y los 58°01'01" de longitud Oeste (Fig.1) y cuenta con una superficie de 326.000 hectáreas de las cuales 44.236 se encuentran forestadas con diferentes variedades de *Eucalyptus* spp. (SAGyP, 2023).

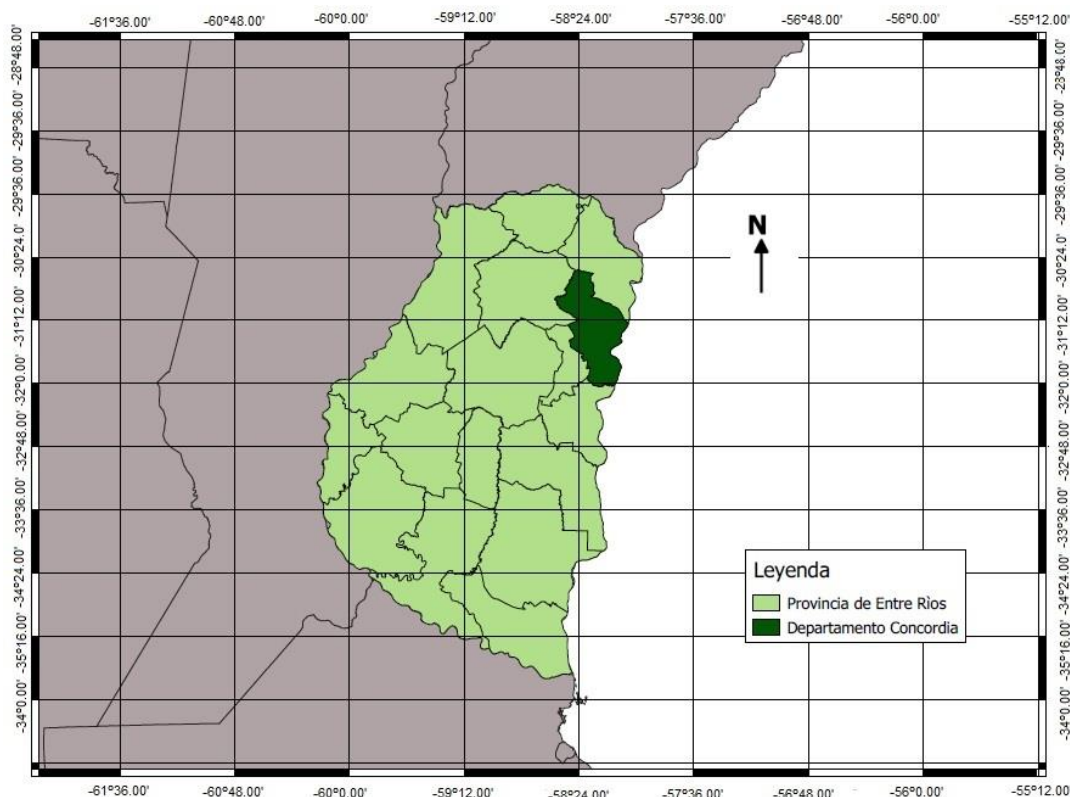


Fig. 1: Ubicación Geográfica del Área de Estudio, Departamento Concordia, provincia de Entre Ríos, Argentina.

Las forestaciones de eucalipto del noreste de la provincia de Entre Ríos se encuentran distribuidas en tres tipos de suelos: arenosos rojizos (orden Entisol), arenosos pardos, localmente llamados mestizos (Inceptisol y Molisol) y vertisoles hidromórficos (Vertisol) (Tasi *et al.*, 1981).

De acuerdo con la clasificación de Köppen-Geiger, el régimen termo - pluviométrico de Concordia se corresponde con el clima templado cálido (subtropical) sin estación seca, designado como Cfa. Esta región presenta una temperatura media anual de 18.7°C, temperaturas medias de 25.3°C para el mes más cálido (enero) y de 12.5°C para el mes más frío (julio). Los valores promedios de las máximas y mínimas extremas anuales son de 39.0°C y -2.7°C, respectivamente. Las temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas han sido 41.4°C (años 2006, 2013) y -5.1°C (año 1996), respectivamente. El período medio libre de heladas es de 10 meses, con una frecuencia media anual de 8,6

heladas meteorológicas. Respecto a las precipitaciones, el promedio y la mediana anual es de 1373 mm y 1293 mm respectivamente, con un valor anual máximo de 2193 mm (año 2002) y un mínimo de 786 mm (año 2008). Aunque el balance hidrológico registra ligeros déficits en diciembre, enero y febrero, los índices climáticos indican ausencia de estación seca (INTA, 2023).

OBJETIVO GENERAL

Generar información utilizando herramientas de SIG, que vinculen las plantaciones forestales de *Eucalyptus* spp. del área de estudio, con la distribución de los apiarios de *Apis mellifera*, a fin de contribuir al control y regulación de la trashumancia estacional de apiarios del departamento Concordia, provincia de Entre Ríos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Caracterizar las plantaciones forestales de eucalipto para el departamento, en base a su NDVI y estimar, a partir del mismo, la potencial oferta de recursos apícolas (néctar y polen).
2. Analizar la localización de los apiarios de la zona registrados en el Registro Nacional de Productores Apícolas (RENAPA), que se correspondan con la región forestada con *Eucalyptus* spp. y establecer el área de pecoreo asociado a la abeja melífera.
3. Generar un mapa que vincule la oferta potencial de recursos en las áreas de pecoreo y la demanda potencial por parte de las abejas, identificando zonas con diferentes tipos de explotaciones.
4. Relevar datos de producción apícola en la región forestal de Entre Ríos mediante encuestas digitales a productores de la zona, a fin de generar información que contribuya a zanjar la falta de datos productivos en la bibliografía científica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del trabajo de aplicación utilizaron herramientas e información que se detalla a continuación, y su metodología de desarrollo.

Materiales

Para el desarrollo del trabajo de aplicación se utilizaron los siguientes materiales:

-Herramientas Informáticas:

1-Q-Gis versión 3.32, es un software de información geográfica, libre de código abierto, que se utilizó en la etapa de procesamiento. Permite ver, explorar, crear, editar, gestionar y analizar datos geográficos (Guía de usuarios de QGIS 2017).

2- Google Forms: formulario digital utilizado para la encuesta obtenido de la página del correo gmail personal.

-Bases de datos geográficas de libre distribución:

1- Imágenes Satelitales Sentinel 2A: Se seleccionaron imágenes satelitales del sensor remoto Sentinel-2A, el cual proporciona imágenes ópticas de mediana resolución espacial de 10, 20 y 60 metros, con 13 bandas espectrales, aportando datos de la superficie terrestre y de la vegetación, proporcionando una cobertura global de la superficie terrestre cada 10 días individualmente y cada 5 días conjuntamente, haciendo que los datos sean de amplio uso en diferentes estudios (Drusch *et al* 2012). Se descargaron las escenas correspondientes al área de estudio para las fechas disponibles entre Febrero y Mayo de 2016 y de 2017, con un porcentaje de nubes menor al 5%, del sitio web Earth Explorer (ESA, 2018). La ventana temporal de trabajo se seleccionó debido a la correspondencia con los datos de apiarios.

- 2- Registro de Apiarios: Se utilizó un vectorial correspondiente a capa de puntos con apiarios del RENAPA del año 2017, obtenida del sitio web del Ministerio de Agroindustria de la Nación (AGROINDUSTRIA 2018). Respecto al número de colmenas en cada uno de los apiarios georeferenciados, es importante señalar que no fue posible obtener esta información debido a su consideración de la información como un dato “sensible” a ser proporcionado por los productores. Por lo tanto, con el propósito de probar el modelo, se emplearon datos simulados/ficticios sobre el número de colmenas por apiario en lugar de datos reales. No obstante, es relevante destacar que la información auténtica está disponible, ya que es un requisito para los apicultores al actualizar anualmente el registro. Por ende, más allá de los alcances de este trabajo, la disponibilidad de este dato crítico puede resolverse al implementar efectivamente el modelo propuesto para la gestión de la trashumancia.

- 3- Macizos Forestales: Se trabajó con la capa vectorial de macizos forestales actualizada al 07-11-2016. Esta capa fue generada por el Ministerio de Agroindustria y puede ser descargada como un geoservicio (WFS) del portal de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA, 2018).

- 4- Información Auxiliar: Se descargaron como geoservicios del sitio web de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA) y de otras IDE y sitios locales (Ej. IDEER, Dirección de Hidráulica de Entre Ríos, etc.), otras capas temáticas que se importaron al SIG y que sirvieron de apoyo para la construcción de cartografía (Ej. límites departamentales, cursos de agua, centros poblados, caminos principales, etc.).

Método

El trabajo realizado se divide en tres partes: la primera, identificada como pre-procesamiento que incluye la clasificación de las imágenes satelitales del departamento Concordia. La segunda consiste en el procesamiento, en éstas se desarrolla la secuencia de operaciones a la que son sometidas las imágenes de la primera parte, a los fines de generar la cartografía y una tercera etapa de Análisis e Interpretación de resultados.

-Pre-procesamiento

Del sitio web de la Agencia Espacial Europea (ESA) Copernicus es el Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea, se descargaron datos espaciales procedentes particularmente del sensor Sentinel 2-A, los cuales son un servicio de información gratuito y abierto para usuarios registrados. Se descargaron imágenes del departamento Concordia para los meses febrero, marzo, abril y mayo correspondientes a los años 2016 y 2017, logrando un total de 8 imágenes, de las cuales se seleccionaron las dos de mejor calidad de cada año en cuanto a condiciones de radiancia, bajo porcentaje de nubes (menor a 5 %) y alto porcentaje de cobertura de la zona (mayor 90%), las cuales datan con fecha 30/03/2016 (Fig.2) y 04/04/2017 (Fig.3).

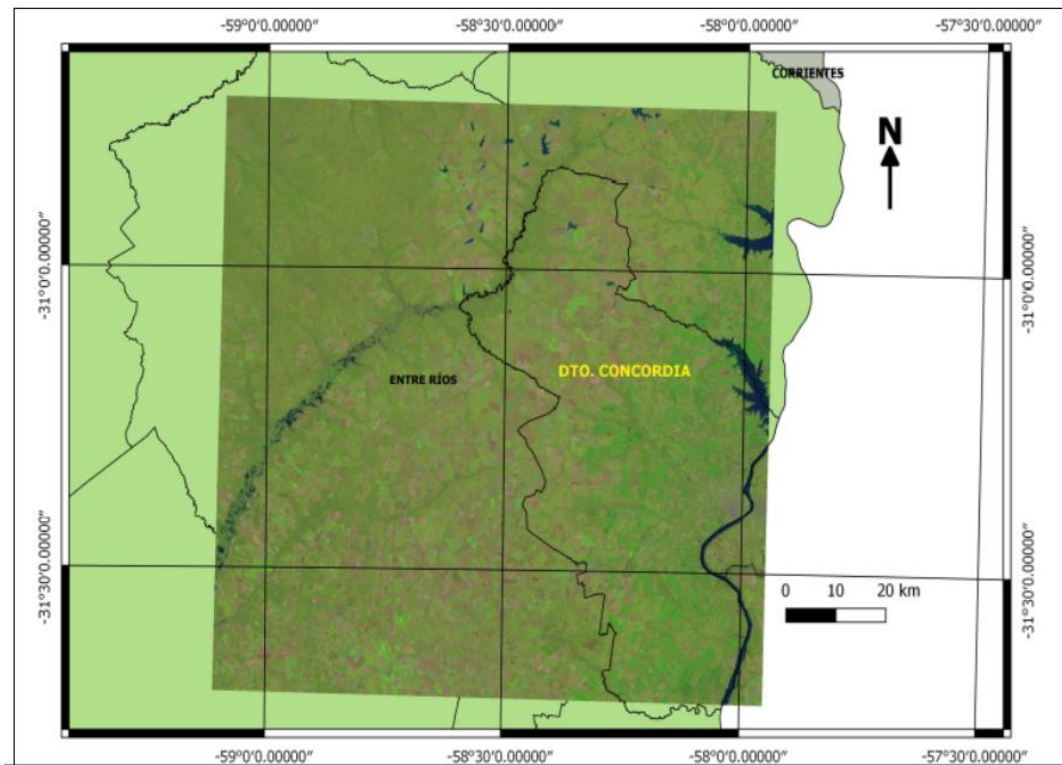


Fig.2: Imagen Satelital Departamento Concordia 30/03/2016

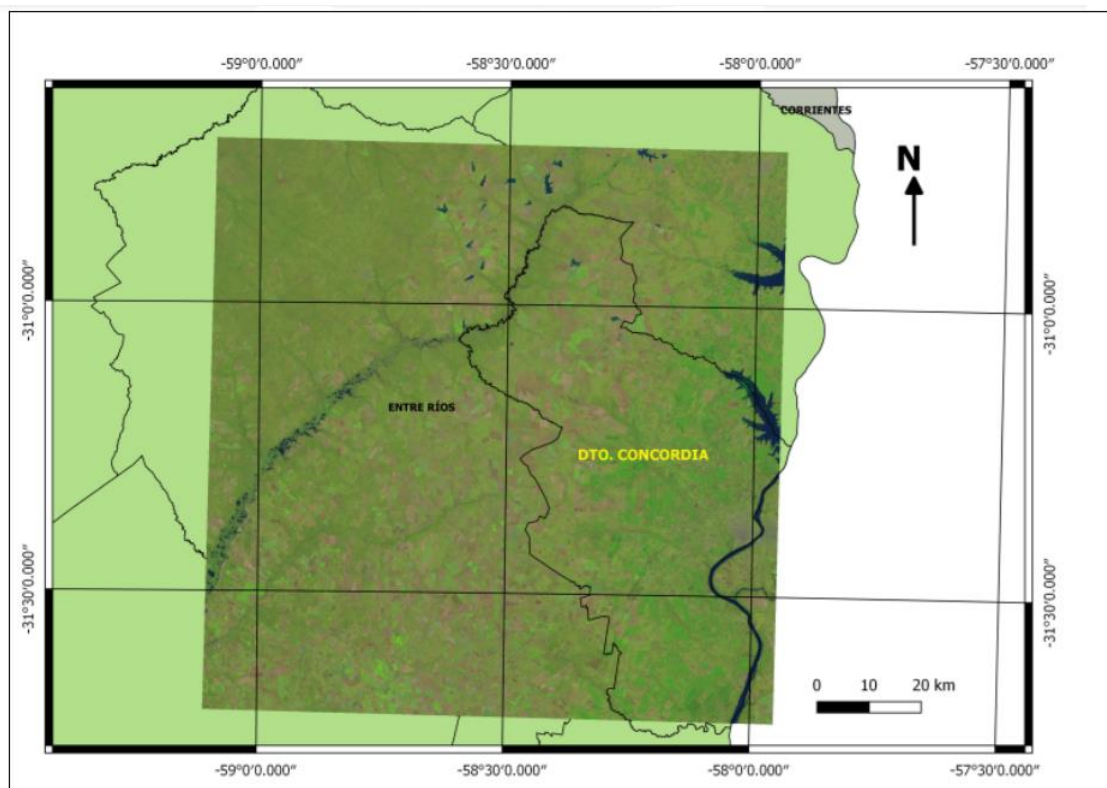


Fig.3: Imagen Satelital Departamento Concordia 04/04/2017

-Procesamiento

En la capa shape con los puntos de los apiarios registrados en RENAPA que incluye todos los apiarios del país (Fig.4), se filtró primero dejando solamente los de la provincia de Entre Ríos, y luego los del departamento Concordia que contenían los puntos de apiarios dentro de los macizos forestales de la provincia (Fig.5).

A la capa de macizo forestales de las especies eucalipto, pino y salicáceas, se le aplicó un filtro espacial del tipo cadena que dejó solamente los montes de eucalipto en el Departamento Concordia (Fig.6).

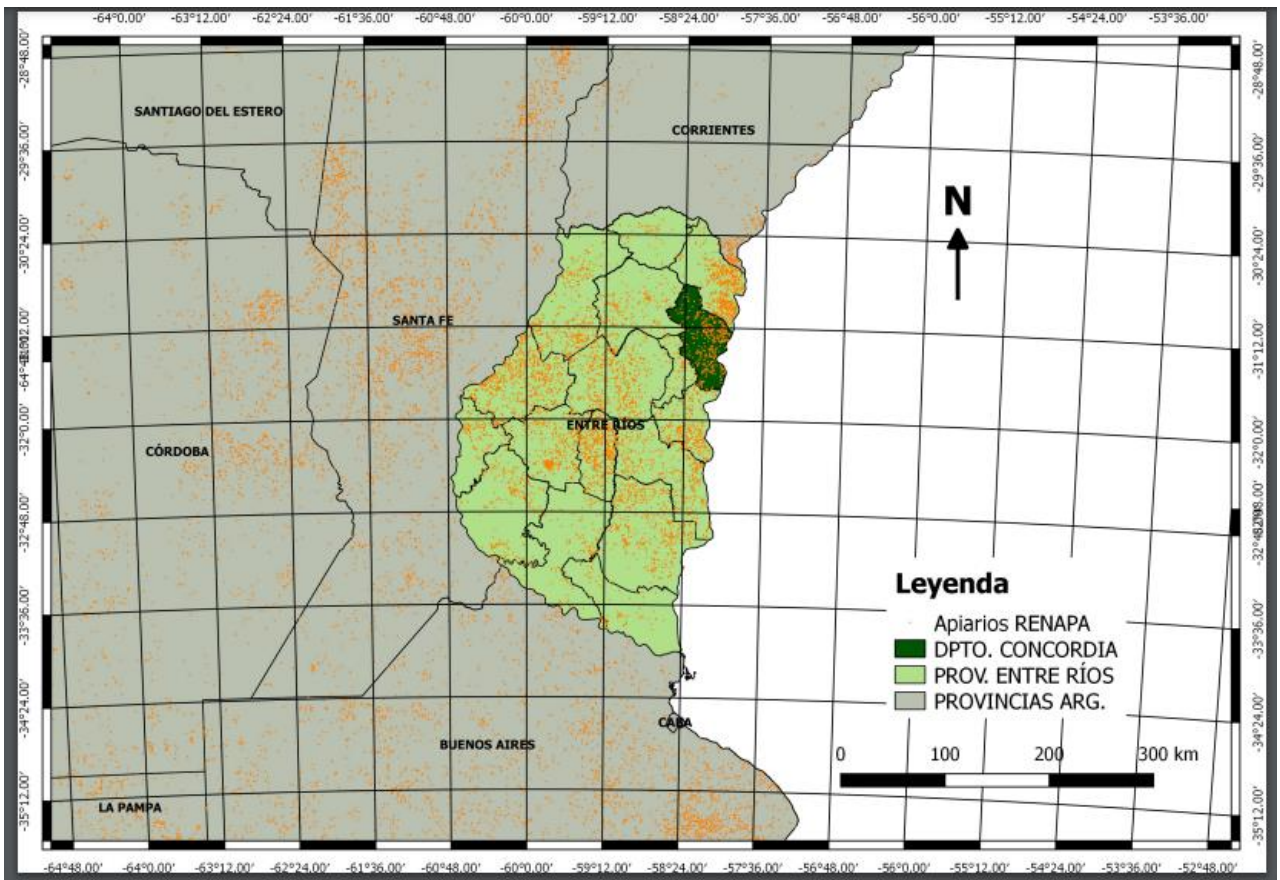


Fig.4: Apiarios de Argentina en el RENAPA.

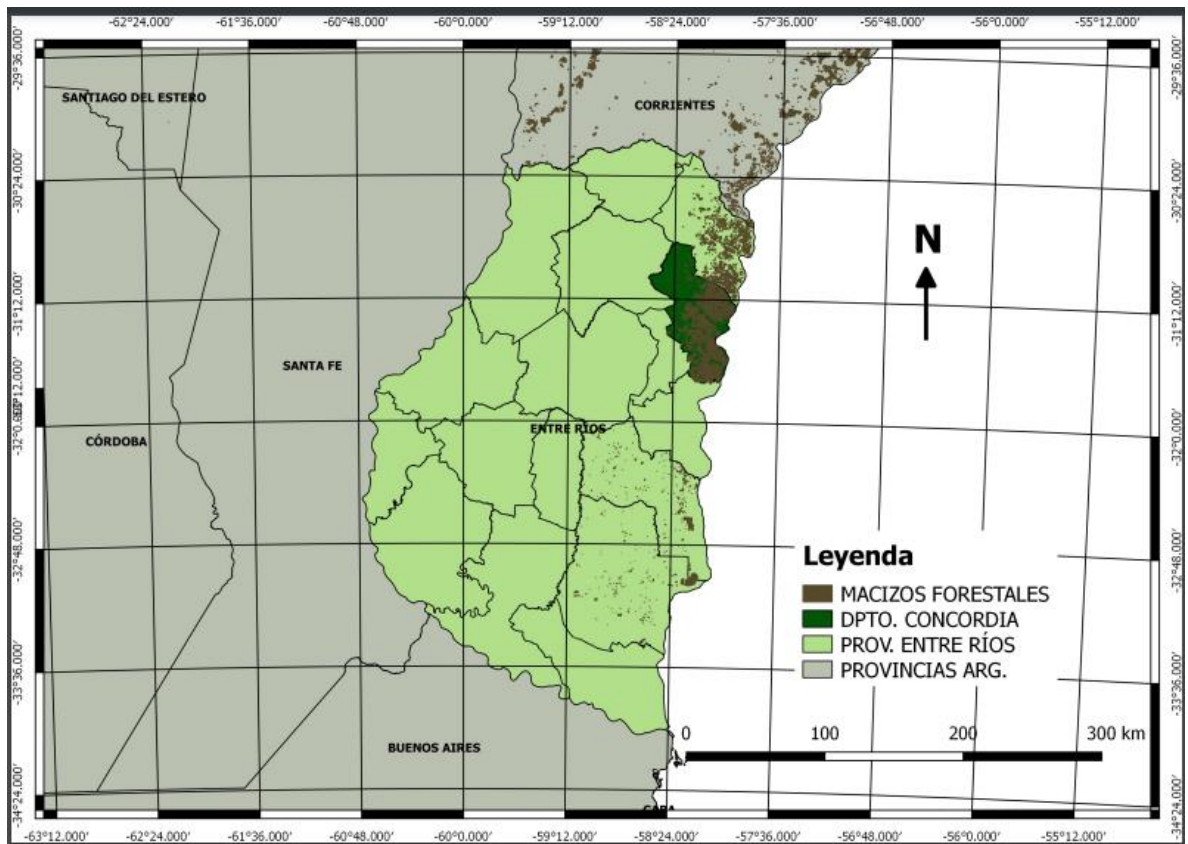


Fig.5: Macizos forestales de las especies de eucalipto, pino y salicáceas de la Provincia de Entre Ríos.

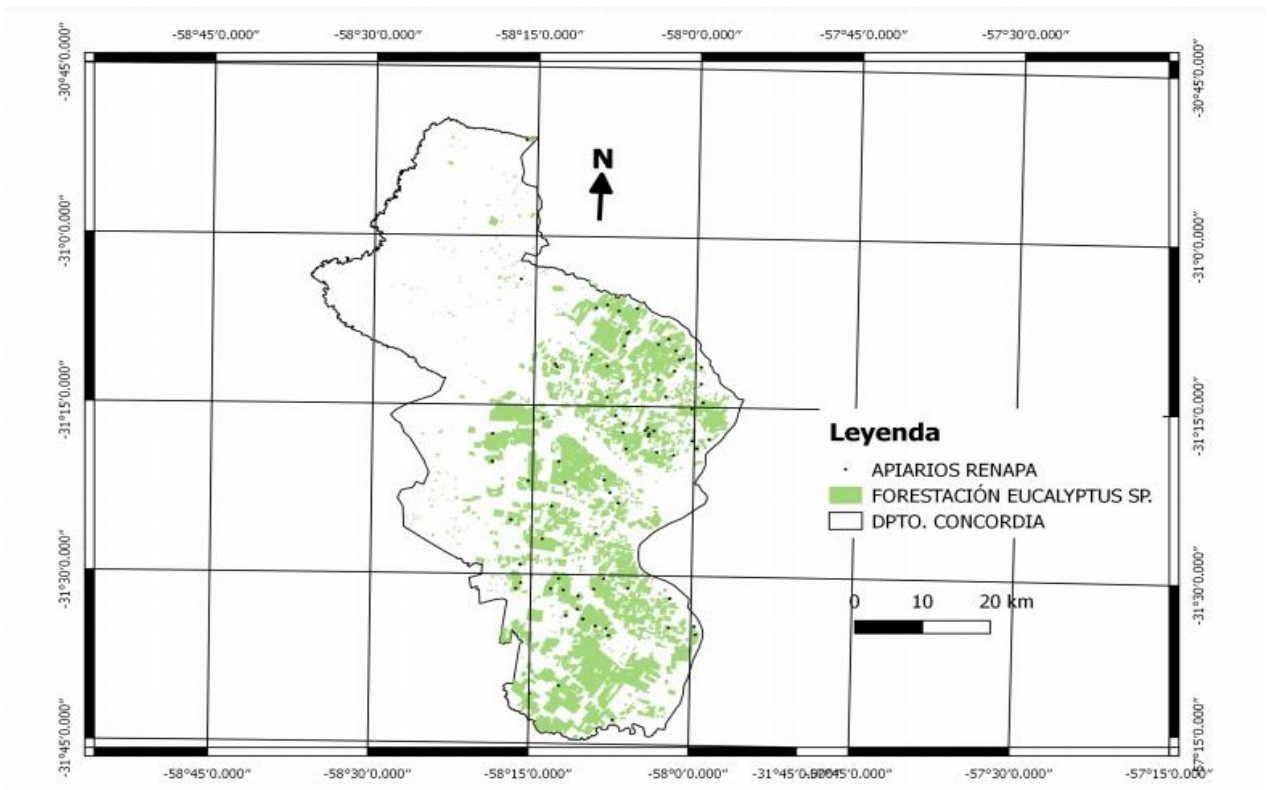


Fig.6: Apiarios del RENAPA ubicados dentro de las forestaciones de eucalipto del departamento Concordia.

Luego se realizaron con Q-Gis zonas buffers con un radio de 2000 metros alrededor de los puntos de georreferenciación de los apiarios (Fig. 7), para delimitar el área de pecoreo de cada punto. Este criterio se consideró ya que la distancia a la que vuelan las abejas en busca de provisiones varía mucho de acuerdo con las circunstancias por lo general en terreno llano más o menos arbolado no supera los 2 kilómetros (Root, 1976; Steffan-Dewenter & Kuhn, 2003) aunque excepcionalmente estas distancias pueden ser ampliamente superadas (Hagler *et al.*, 2011).

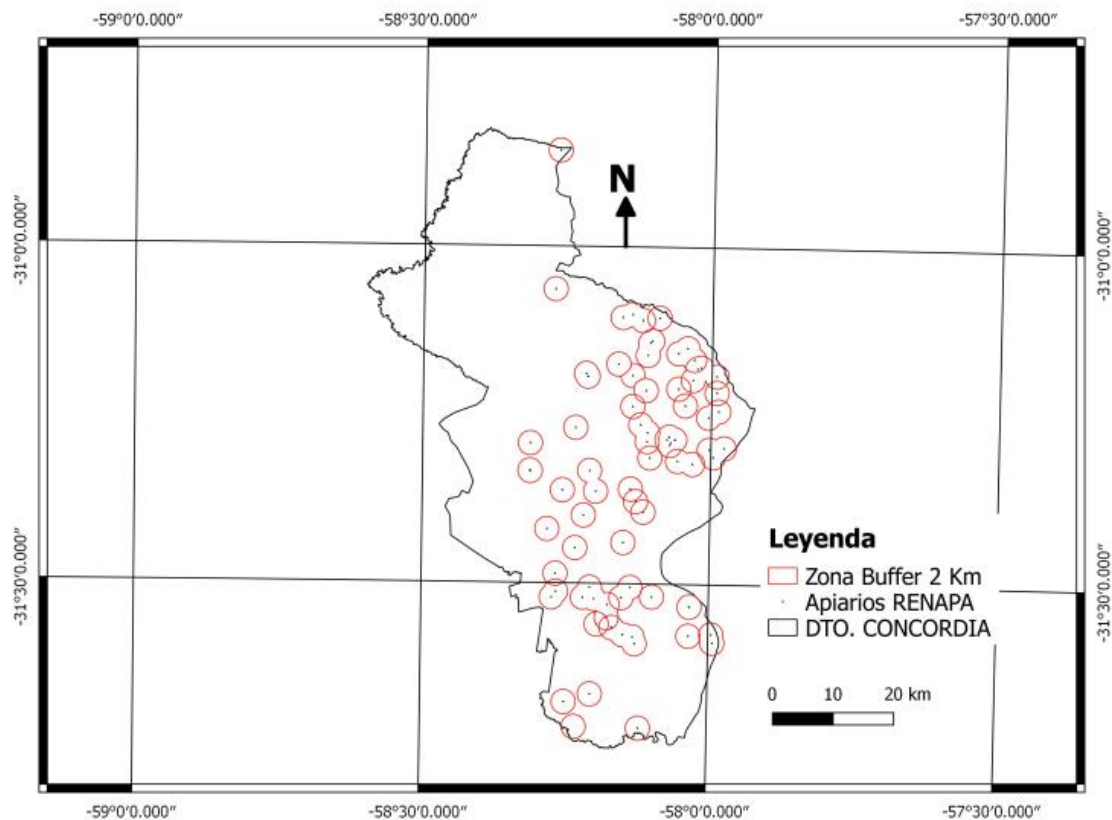


Fig.7: Zonas buffer de 2000 metros alrededor del punto de apiario.

Remodelado de objetos espaciales

Seguidamente se realizó una remodelación manual de las áreas que se superponían, para evitar sobreestimación de la oferta y la demanda. El criterio de recorte de polígonos fue el de no superar los 2000 metros entre los puntos de apiarios cercanos y hacer una sola unidad de oferta y demanda como se muestra en la (Fig.8).

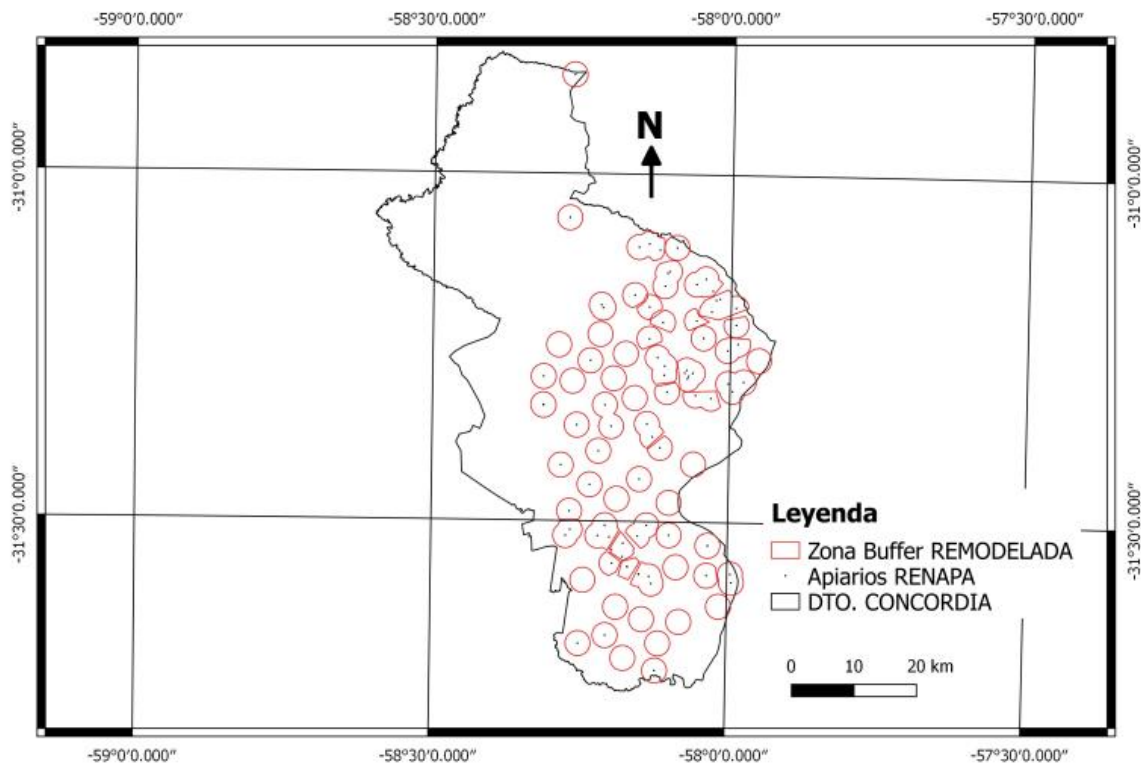


Fig. 8: Polígonos remodelados de zonas buffer

-Generación del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado – NDVI

Una vez descargadas y pre procesadas las imágenes Sentinel 2A, se procesaron las imágenes con el software libre Q-Gis para calcular el NDVI mediante la calculadora de campos a partir de las bandas espectrales del canal Rojo (Banda 4) y del Infrarrojo (Banda 8) de las zonas buffer, según metodología propuesta por Rouse (1972), cuya fórmula matemática se detalla a continuación:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Siendo en dicha fórmula el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI, la reflexividad en la banda del infrarrojo cercano (NIR) y la reflectividad en la banda del rojo (R).

Se calculó el NDVI para las dos escenas, 30/03/2016 (Fig. 9) y 04/04/2017 (Fig.10), los resultados obtenidos fueron similares de un año al otro, ya que en este período de tiempo no se produjeron significativas alteraciones en los factores externos de precipitaciones y temperaturas medias anuales de la zona de estudio que puedan modificar el NDVI.

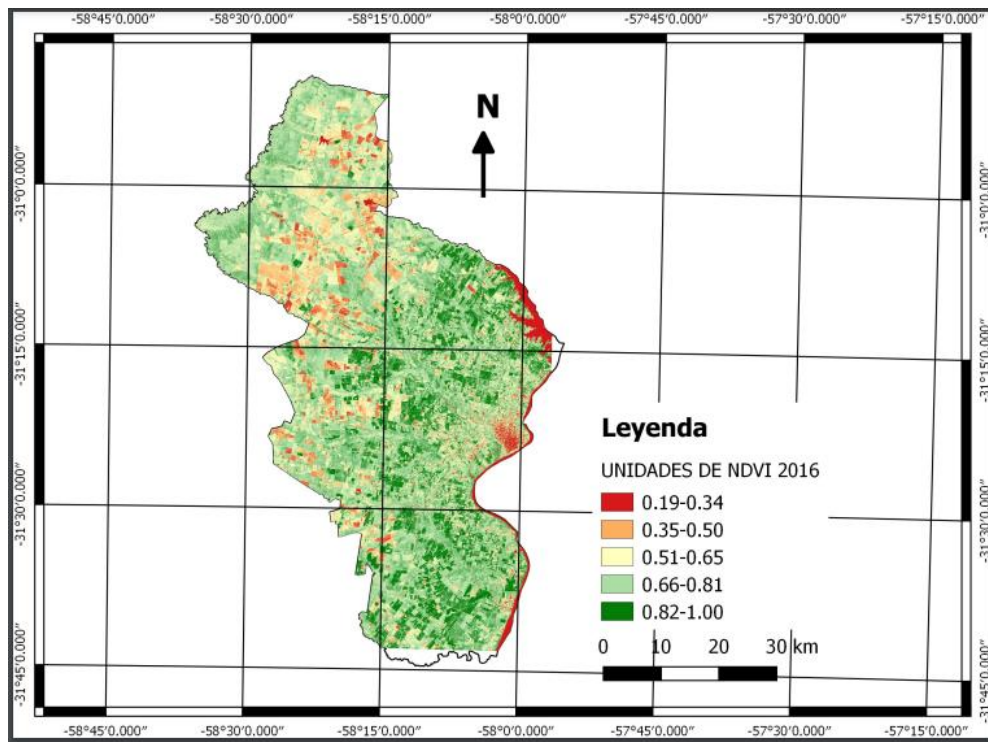


Fig. 9: NDVI del Departamento Concordia en el año 2016.

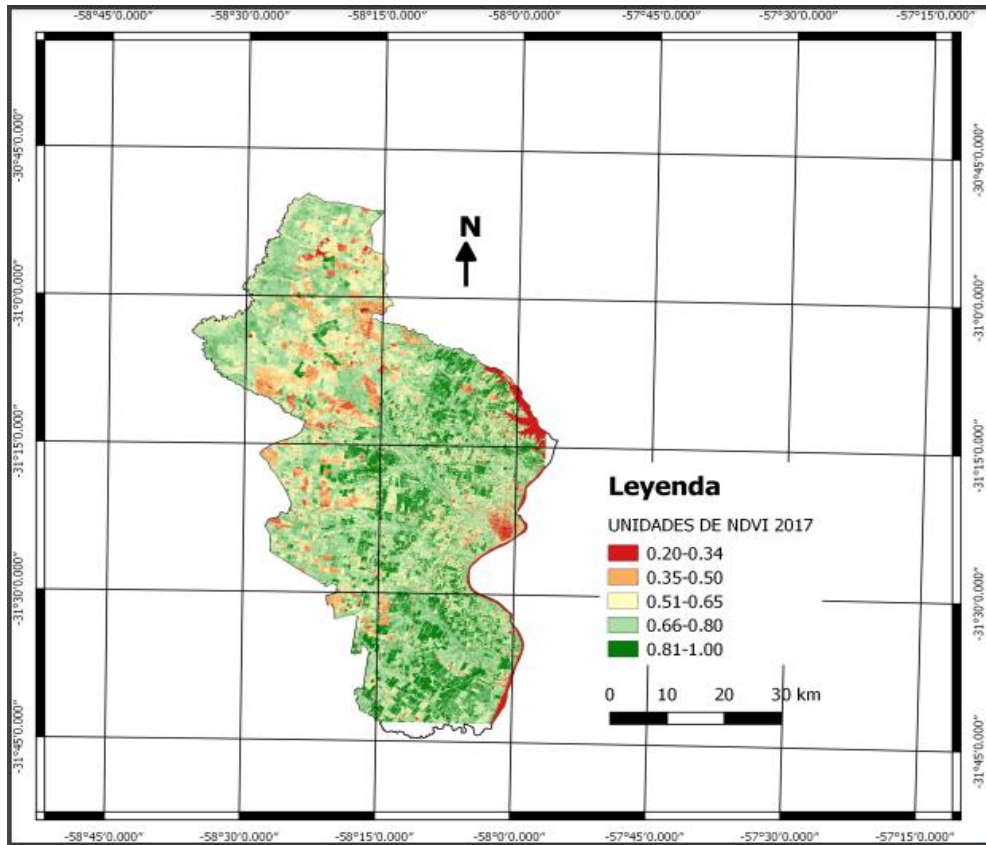


Fig.10: NDVI del Departamento Concordia en el año 2017.

-Estimación de la potencial oferta floral

En base a estimaciones del NDVI se determinaron tres categorías (Tabla 1), atendiendo el índice de verdor, dado que el NDVI acumulativo debería correlacionarse positivamente con la radiación fotosintéticamente activa absorbida por el rodal (Lemaire *et al.*, 2011) y que es en general un excelente predictor de la productividad de los árboles (Wang *et al.*, 2004). Se asume consecuentemente que valores altos indican mayor vigor del bosque y consecuentemente mayor oferta floral durante los días de floración de la

especie, dado el buen estado y vigor de las plantas. Se obtuvieron así tres categorías que valoraron la oferta de néctar/floral:

POTENCIAL OFERTA FLORAL		
Categoría	Unidades NDVI media	Valor Asignado
Bajo	0-0.30	1
Medio	0.31-0.69	2
Alto	>0.69	3

Tabla 1: Categorías de potencial oferta floral, según NDVI por parcela.

Esto indica que a las zonas con oferta floral baja se les asignó un valor de “1”, y a las zonas con oferta floral alta, un valor de “3”.

-Estimación de la demanda de abejas

Sobre las imágenes y capas base se localizaron los apiarios registrados a los que se les asignó un área de pecoreo con valores numéricos que se agruparon en tres categorías en función al número de colmenas que los conforman. De este modo, se identificaron tres categorías asociadas a la demanda:

DEMANDA		
Categoría	Nº colmenas /apiario	Valor Asignado
Bajo	0-50	3
Medio	51-100	2
Alto	>100	1

Tabla 2: Categorías de demanda, según el número de colmenas por apiario.

Esto indica que a las zonas con alta demanda de abejas (muchas colmenas en apiario) se les asignó un valor de “1” mientras que a las zonas de baja demanda (pocas colmenas por apiario), un valor de “3”.

-Integración de oferta y demanda

Finalmente se integró la información tanto de la oferta floral (NDVI) como de la demanda de abejas (nº colmenas/apiario) realizando con calculadora de campos en Q-Gis, (ver anexo 1) la resta de las categorías utilizando el criterio que se muestra en la Tabla 3.

OFERTA	DEMANDA	OFERTA VALOR ASIGNADO	DEMANDA VALOR ASIGNADO	OFERTA-DEMANDA	TIPO DE EXPLOTACIÓN
Alta	Baja	3	3	0	Sub - explotación
Alta	Media	3	2	1	Equilibrio
Alta	Alta	3	1	2	Sobre- explotación
Media	Baja	2	3	-1	Sub – explotación
Media	Media	2	2	0	Equilibrio
Media	Alta	2	1	1	Sobre – explotación
Baja	Baja	1	3	-2	Equilibrio
Baja	Media	1	2	-1	Sobre – explotación
Baja	Alta	1	1	0	Sobre – explotación

Tabla 3: Criterios definidos para la integración de los datos de oferta y demanda.

-Estadísticas

Se realizó el análisis estadístico (Tabla 4), de cada parcela obteniendo resultados individuales de máximo, mínimo, media y desvío estándar de los valores de NDVI MEDIO, para cada escena 2016 y 2017.

Indicador estadístico	NDVI MEDIO 2016	NDVI MEDIO 2017
Máximo	0.78	0.78
Minino	0.63	0.67
Media	0.74	0.73
Desvío Estándar	0.023	0.024

Tabla 4: Análisis estadístico de NDVI medios de parcelas forestadas, para los años 2016 y 2017.

-Encuesta a productores apícolas de la región de estudio

Los resultados de la encuesta fueron tratados mediante un procesamiento estadístico elemental para su representación cuantitativa. Las respuestas de entrevistas no estructuradas realizadas de forma digital e individualmente a cada productor, se procesaron en frecuencia para reducirlas a categorías descriptivas y expresarlas porcentualmente (ver anexo 2). Este análisis de datos se realiza con la intención de interpretar los hallazgos importantes de la práctica apícola y trashumancia para caracterizar la apicultura en esta región de estudio.

RESULTADOS

Las imágenes seleccionadas para el análisis de oferta, arrojaron en todas las parcelas de estudio valores promedios de NDVI entre 0.69 y 0.79 undvi media, lo cual coincide con valores que indicarían bosques templados y tropicales (EOS 2021). Por este motivo es que solo se trabajaron con valores de oferta con valor asociado igual a 3.

Según los datos oficiales de los apiarios registrados, se observaron valores de demanda alta, media y baja, por lo que se trabajó con los tres tipos de valores asociados respectivamente (1, 2 y 3).

Observando el resultado de la integración de campos en la Fig. 11. Con un total de 65 zonas de explotación.

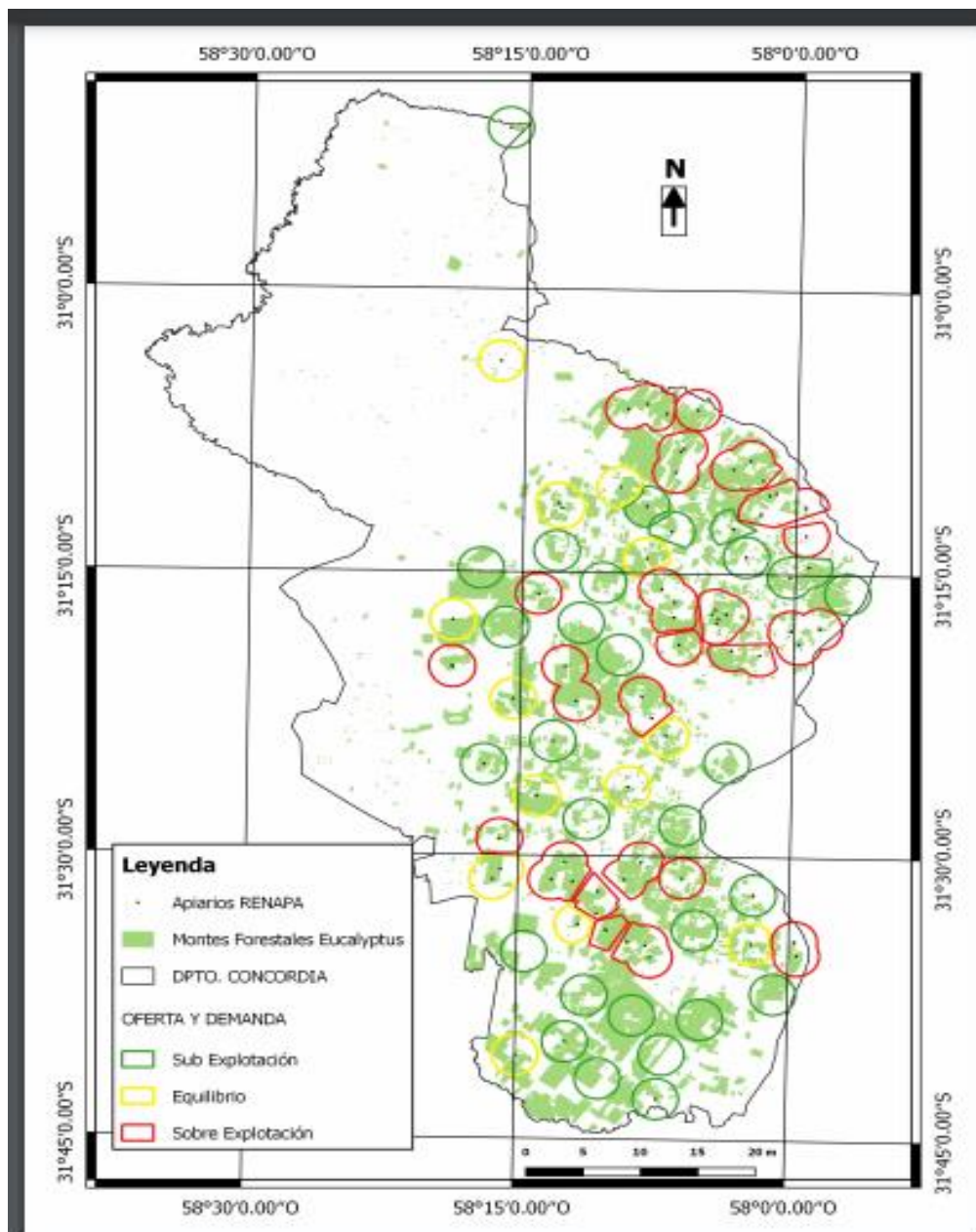


Fig.11: Georreferenciación de la valoración de oferta y demanda asignada a diferentes zonas: pueden observarse en colores distintos las tres categorías obtenidas, zonas sobre-explotadas, sub-explotadas, en equilibrio y potenciales zonas sin uso.

De un total de 16 respuestas del cuestionario respondido por productores apícolas de la zona se obtuvo la siguiente información productiva de la zona:

-El 94 % de los productores cuenta con más de 100 colmenas para la explotación apícola. La segunda categoría con un 6% la conforman apicultores que poseen entre 1 y 50 colmenas.

-El 56% mencionan la floración de *Eucalyptus* spp., durante los meses de febrero a marzo, lo cual coincide con el periodo seleccionado en el trabajo, mientras que un 31 % consideró el periodo desde febrero a mayo.

-El 69 % de los apicultores encuestados realiza trashumancia estacional a montes implantados de *Eucalyptus* spp.

-El 88 % de los productores encuestados considera que no se aplica una regulación de movimientos de colmenas a zonas de montes por parte del estado.

-El 69 % de los productores encuestados afirman hacer trashumancia estacional a montes de *Eucalyptus* spp., iniciando este movimiento de colmenas aproximadamente el 15 de febrero y retirándose al 15 de mayo.

-La fecha de cosecha de miel de eucalipto es entre el 15 de marzo hasta el 15 de abril.

-El valor de carga apícola en monte forestal de eucalipto 50 a 100 colmenas/parcela (dependiendo del propietario), generalmente disponiendo las colmenas en grupos.

-Según los productores encuestados, las plantaciones jóvenes (1 a 5 años) y con rebrotes soportan menor carga apícola.

-Rendimiento en kg de miel por colmena en la zona: mínimo = 15 kg/colmena, Media = 25 kg/colmena y máximo de 35 a 40 kg/colmena. Esto depende de factores

externos, sobre todo si existe un déficit de precipitaciones previo a la floración o un exceso durante la floración.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La interpretación de los resultados, teniendo en cuenta el cuidado del ambiente y los recursos naturales, es la siguiente:

Zonas de Sub-explotación = 0 color verde, implica sub-explotación $29/65= 44.6 \%$

Serían zonas en las cuales existiría la posibilidad de incorporar colmenas en época de floración de eucalipto, ya que hay disponibilidad de recurso floral. Aquellas parcelas que se encuentran en el mapa con límite en color verde y no contienen un punto de georreferencia de apiario en RENAPA, son sitios potencialmente productivos, que se encuentran sin apiarios registrados hasta el momento del estudio.

Zonas de Equilibrio = 1 color amarillo, implica equilibrio $13/65= 20 \%$

Zonas en que la oferta floral satisface la demanda apícola, en estas áreas presumiblemente se optimice el uso de los recursos florales brindado por los bosques de eucalipto. Es importante resaltar que esta situación de equilibrio teórico solo ocurre en una superficie proporcionalmente baja, este solo dato consolida la importancia de esta herramienta como rectora de una gestión inteligente de los recursos forestales de importancia apícola.

Zonas de Sobreexplotación = 2 color rojo, implica sobreexplotación $23/65 = 35.4\%$

En esta situación el sitio se encuentra sobreexplotado, ya que la demanda de las colonias aquí dispuestas supera la oferta teórica de néctar y polen de eucalipto. En estas zonas resulta económica y productivamente inviable incorporar nuevas colmenas durante la época de floración de la especie forestal.

Resulta llamativamente elevado el valor porcentual de superficie en sobreexplotación teórica y nuevamente remarca la importancia de promover una mejora en la gestión de la trashumancia.

CONCLUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo se sugiere alentar la práctica de trashumancia apícola a montes forestales de *Eucalyptus* spp., particularmente en las zonas del mapa donde la oferta floral supera a la demanda actual por parte de los apicultores.

Según la información de la encuesta se puede decir que en el departamento Concordia hay un elevado porcentaje de productores apícolas que realiza trashumancia de colmenas a montes de eucalipto y en la mayoría de los casos no hay un ente público que lo regule. Por esto, seguir los lineamientos básicos propuestos en este trabajo aseguraría mejores resultados económicos a los apicultores trashumantes y fundamentalmente reduciría las posibilidades de conflicto entre apicultores.

Evidentemente, la valoración de aptitud de zona que se sugiere en este trabajo es solo indicativa en un nivel teórico de análisis. Para llevar a la práctica esta recomendación es necesario compatibilizar intereses entre los dueños de los campos y de los montes forestales con los apicultores interesados en trasladar colmenas

Es importante para futuras aplicaciones incorporar información real y actualizada anualmente de los productores registrados para hacer la herramienta más exacta, a medida que se obtengan datos productivos en diferentes situaciones climáticas, de manejo de la colonia de la plantación se podrá ir enriqueciendo el sistema, para que sean más precisos los resultados

A futuro se podrá ampliar el área a toda la región forestada con *Eucalyptus* spp., la cual en la provincia de Entre Ríos involucra sectores de los Departamentos Federación, y Uruguay.

BIBLIOGRAFÍA

Agrobit
2019.http://www.agrobit.com/Info_tecnica/alternativos/apicultura/AL_000012ap.htm
(Consultado 10/6/2019).

Agroindustria 2018. <https://geoportal.agroindustria.gob.ar/visor/> (consultado 13/7/2018)

Barbosa, L. C. A., Filomeno, C. A., & Teixeira, R. R. (2016). Chemical variability and biological activities of Eucalyptus spp. essential oils. *Molecules*, 21(12), 1671.

Basilio, A. M., López, V. C., Landi, L., Mellado, L. M., Pedraza, F., Molina, G., & Gurini, L. (2023). Apicultura Argentina: contexto fundacional y elementos de resiliencia del sector. *Agronomía & Ambiente*, 43(1).

Carpineti, L. A. (1995). Manual para productores de eucaliptos de la Mesopotamia Argentina. Editor: Grupo Forestal, EEA. INTA. Concordia. C.C N* 34, (3200) Concordia, Entre Ríos, Argentina: 101-103.

Cavigliasso, P., Rivadeneira, F., & Messina, N.(2014). INTA Concordia. Observaciones fenológicas en Eucalyptus spp.en el departamento Concordia.

Chen, B., Jin, Y., & Brown, P. (2019). Automatic mapping of planting year for tree crops with Landsat satellite time series stacks. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 151, 176-188.

Chen, J., Shen, M., Zhu, X., & Tang, Y. (2009). Indicator of flower status derived from in situ hyperspectral measurement in an alpine meadow on the Tibetan Plateau. *Ecological Indicators*, 9(4), 818-823.

Chuvieco Salinero, E. (2007). *Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el Espacio*. Editorial Ariel. Barcelona: 328.

Dirección General De Estadística Y Censos – Ministerio De Economía Hacienda Y Finanzas Provincia De Entre Ríos 2021. <https://www.entrerios.gov.ar/dgec/wp-content/uploads/2022/12/Informe-forestal-2021.pdf> pag.8 (Consultado 25/01/22)

Dixon, D. J., Callow, J. N., Duncan, J. M., Setterfield, S. A., & Pauli, N. (2021). Satellite prediction of forest flowering phenology. *Remote Sensing of Environment*, 255, 112-197.

ESA 2018 https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/SENTINEL_2 (Consultado 12/10/2018)

Fagúndez, G.; Schneiter, E.; Winter, J.; Apablaza, O.; Messina, N.; Bertos, M. & C. Trujillo.(2018). Características polínicas, físico-químicas y sensoriales de mieles de eucalipto (*Eucalyptus* sp.) de la región forestal entrerriana. XVII Simposio Argentino de Paleobotánica y Palinología. *Boletín de la ALPP* 18: 115-116.

FAO STAT. (2017). Elaboración propia en función de datos obtenidos de: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL> (Consultado 18/06/2019).

Guía de usuarios de QGIS 2017 https://docs.qgis.org/3.34/es/docs/user_manual/ (Consultado 12/04/18)

Iglesias-Trabado, G., Carballeira-Tenreiro, R., & Folgueira-Lozano, J. (2009). *Eucalyptus universalis: Global cultivated Eucalyptus forests Map Version 1.2*. Dans GIT

Forestry Consulting's; EUCALYPTOLOGICS: Information resources on Eucalyptus cultivation worldwide. Retrieved from <http://www.git-forestry.com>

IDERA.(2018).(http://ide.siiia.gov.ar/geoserver/wms/kml?layers=agroindustria:forestacion_macizos).(Consultado 12/07/19)

Invernizzi, C., Santos, L. E., García, E., Daners, G., Di Landro, R., Saadoun, A., & Vique, C. C. (2011). Sanitary and nutritional characterization of honeybee colonies in Eucalyptus grandis plantations. Archivos de zootecnia, 60(232), 1303-1314.

INTA. (2023). https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_concordia_50_anos_estacion_agrometeorologica_eea_concordia_inta.pdf

Laclau, JP.; Mareschal, L.; & Bouvet, JM.(2020).Plantaciones de eucaliptos. Editorial. Para. Ecológico. Gestionar.474,

Larocca, J. (2007). La producción de polen en Entre Ríos. Campo & Abejas. Edición Especial Polen. Año X: 41-42.

Le Maire, G., Marsden, C., Nouvellon, Y., Grinand, C., Hakamada, R., Stape, J. L., & Laclau, J. P. (2011). MODIS NDVI time-series allow the monitoring of Eucalyptus plantation biomass. Remote sensing of Environment, 115(10), 2613-2625.

Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F. Marchese., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote sensing of Environment*, 120, 25-36.

Rouse J. W. (1972). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Texas A&M Univ., College Station, TX, United States: 01-04.

SAGyP.(2023).<https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/desarrollo-foresto-industrial/inventarios/tablero.php>

SAN (Secretaria de Agroindustria de la Nación). (2019).<https://geoportal.agroindustria.gob.ar/tematizador/apicola/>.(Consultado 20/06/2019).

Steffan-dewenter, I. & Kuhn, A. (2003). Honeybee foraging in differentially structured landscapes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1515), 569-575.

Tasi, H. (1981). Agrupamiento de suelos de la provincia de Entre Ríos a nivel de orden. *Publ. Téc. N°5. EEA INTA Paraná*. 8p.

Toledo R. (2013). <http://apiculturachajari.blogspot.com/>. (Consultado 18/05/2019).

Wang, J., Rich, P. M., Price, K. P., & Kettle, W. D. (2004). Relations between NDVI and tree productivity in the central Great Plains. *International Journal of Remote Sensing*, 25 (16), 3127-3138.

Zoccali, P.; Malacrinò, A.; Campolo, O.; Laudani, F.; Algeri, G.; Giunti, G.; Strano, C. P.; Beneli, G. & Palmeri, V. (2017). A novel GIS-based approach to assess beekeeping suitability of Mediterranean lands. *Saudi J. Biol. Sci.* 24(5):1045-1050.

ANEXOS

Anexo 1: Resultados de integración oferta y demanda

CombinadoAREAS EXPy SExp copiar :: Objetos totales: 65, Filtrados: 65, Seleccionados: 0

id	Zona buffe m2	Nº apiarios/buffer	Nº colmenas/buffer	2016 2017 NDVI_X016_MEDIA	2016 2017 NDVI_X017_MEDIA	OFERTA	DEMANDA	OFERTA - DEMANDA
1	12553562,58	1	85	0,76133	0,75260	3	2	1
2	12554637,03	1	45	0,75125	0,74496	3	3	0
3	12009948,40	1	53	0,76172	0,75828	3	2	1
4	8559743,75	1	78	0,72996	0,76896	3	2	1
5	12553042,41	1	120	0,75277	0,74413	3	1	2
6	12552881,53	1	150	0,77813	0,78376	3	1	2
7	12553302,01	1	28	0,73310	0,72818	3	3	0
8	12554260,74	1	40	0,73310	0,72415	3	3	0
9	12554619,76	1	82	0,75247	0,73615	3	2	1
10	12554390,12	1	100	0,76224	0,73441	3	1	2
11	7633695,07	1	16	0,76444	0,67325	3	3	0
12	10577655,70	1	76	0,78607	0,77878	3	2	1
13	10712261,24	1	140	0,72748	0,73565	3	1	2
14	10536446,80	1	140	0,72859	0,69301	3	1	2
15	11323555,76	1	110	0,73842	0,75460	3	1	2
16	12554409,05	1	50	0,76040	0,74210	3	2	1
17	12554724,16	1	60	0,70284	0,68302	3	2	1
18	12554881,78	1	30	0,73747	0,75742	3	3	0
19	12554156,89	1	20	0,76558	0,76625	3	3	0
20	12554608,07	1	80	0,75376	0,75620	3	2	1

CombinadoAREAS EXPy SExp copiar :: Objetos totales: 65, Filtrados: 65, Seleccionados: 0

id	Zona buffe m2	Nº apiarios/buffer	Nº colmenas/buffer	2016 2017 NDVI_X016_MEDIA	2016 2017 NDVI_X017_MEDIA	OFERTA	DEMANDA	OFERTA - DEMANDA
21	12555152,73	1	70	0,74162	0,74225	3	2	1
22	10300138,62	1	56	0,73108	0,72239	3	2	1
23	22069497,82	3	179	0,76173	0,76042	3	1	2
24	21536367,93	3	175	0,73738	0,74540	3	1	2
25	21688155,40	3	272	0,74519	0,72724	3	1	2
26	23635409,64	4	198	0,75588	0,70253	3	1	2
27	9233610,56	1	30	0,74644	0,72518	3	3	0
28	17410504,70	2	37	0,76199	0,75102	3	3	0
29	25902934,43	3	221	0,72828	0,72017	3	1	2
30	14722035,44	2	155	0,75043	0,73577	3	1	2
31	23368390,86	3	222	0,76595	0,74144	3	1	2
32	18089310,54	5	279	0,74996	0,73728	3	1	2
33	13010831,30	2	290	0,74385	0,71801	3	1	2
34	15951054,47	2	53	0,72129	0,72061	3	2	1
35	18198516,03	2	150	0,76429	0,75873	3	1	2
36	17813110,04	2	152	0,74998	0,71670	3	1	2
37	12665423,02	1	25	0,72170	0,73344	3	3	0
38	19217935,33	3	397	0,76977	0,76692	3	1	2
39	10381114,19	2	110	0,73521	0,75387	3	1	2
40	24543375,84	2	145	0,74887	0,73672	3	1	2

CombinadoAREAS EXPy SExp copiar :: Objetos totales: 65, Filtrados: 65, Seleccionados: 0

id	Zona buffer m2	Nº apiarios/buffer	Nº colmenas/buffer	2016 2017 NDVI_X016_MEDIA	2016 2017 NDVI_X017_MEDIA	OFERTA	DEMANDA	OFERTA - DEMANDA
41	14644064,93	2	90	0,71408	0,69560	3	2	1
42	12552403,56	1	40	0,72518	0,71470	3	3	0
43	9777305,65	1	40	0,75665	0,75282	3	3	0
44	11504046,65	1	70	0,74592	0,73098	3	2	1
45	12554905,54	0	0	0,63211	0,71132	3	3	0
46	12552869,29	0	0	0,75713	0,73463	3	3	0
47	12553531,02	0	0	0,74612	0,76407	3	3	0
48	12553853,89	0	0	0,73444	0,76324	3	3	0
49	12554528,18	0	0	0,76934	0,78812	3	3	0
50	12553638,65	0	0	0,74668	0,73227	3	3	0
51	17581674,65	2	143	0,72528	0,70124	3	1	2
52	22327211,36	3	112	0,77768	0,76438	3	1	2
53	7086739,36	2	273	0,76533	0,78350	3	1	2
54	12554686,63	0	0	0,77465	0,76849	3	3	0
55	12554000,43	0	0	0,72392	0,71577	3	3	0
56	12554223,92	0	0	0,75103	0,72855	3	3	0
57	12553792,22	0	0	0,76592	0,74294	3	3	0
58	12551359,03	0	0	0,73928	0,72571	3	3	0
59	12552599,15	0	0	0,71314	0,71065	3	3	0
60	12553042,75	0	0	0,74523	0,73839	3	3	0

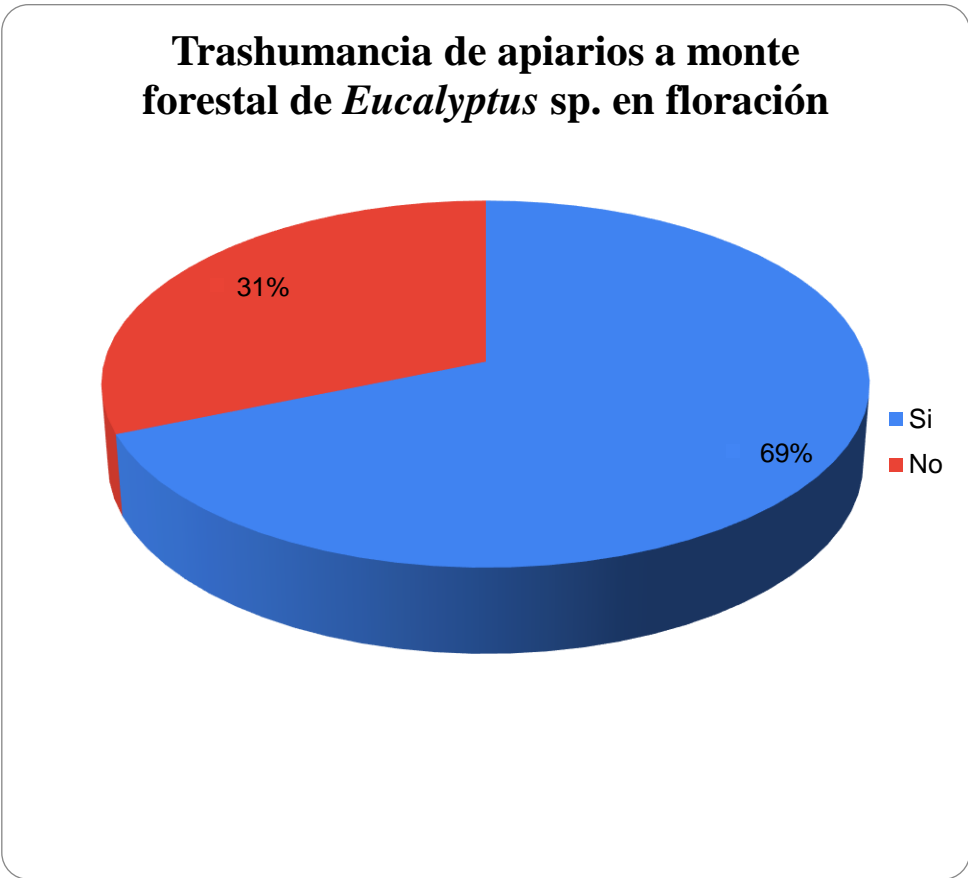
Mostrar todos los objetos espaciales

CombinadoAREAS EXPy SExp copiar :: Objetos totales: 65, Filtrados: 65, Seleccionados: 0

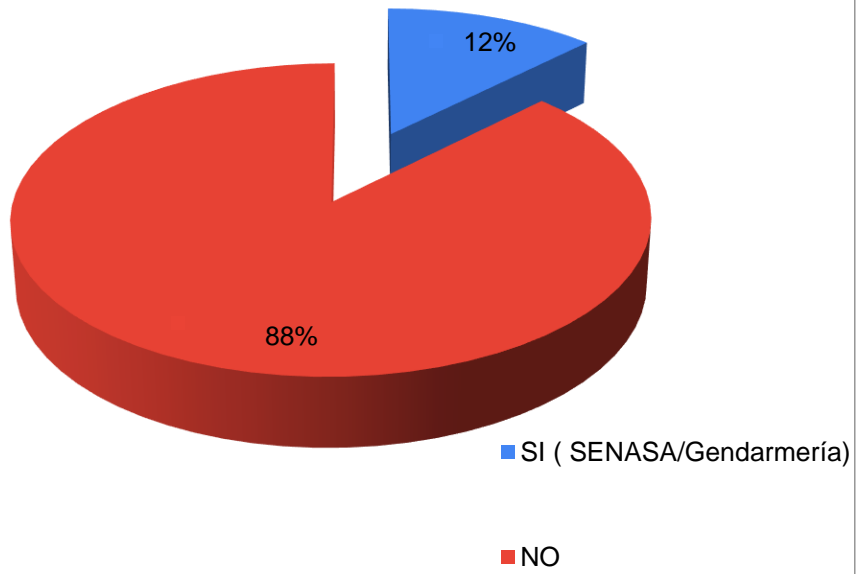
id	Zona buffer m2	Nº apiarios/buffer	Nº colmenas/buffer	2016 2017 NDVI_X016_MEDIA	2016 2017 NDVI_X017_MEDIA	OFERTA	DEMANDA	OFERTA - DEMANDA
61	12553953,70	0	0	0,70160	0,70286	3	3	0
62	12553977,71	0	0	0,73223	0,74907	3	3	0
63	12553245,80	0	0	0,76787	0,78049	3	3	0
64	12552140,33	0	0	0,75398	0,75698	3	3	0
65	12552918,99	0	0	0,76206	0,74766	3	3	0

Mostrar todos los objetos espaciales

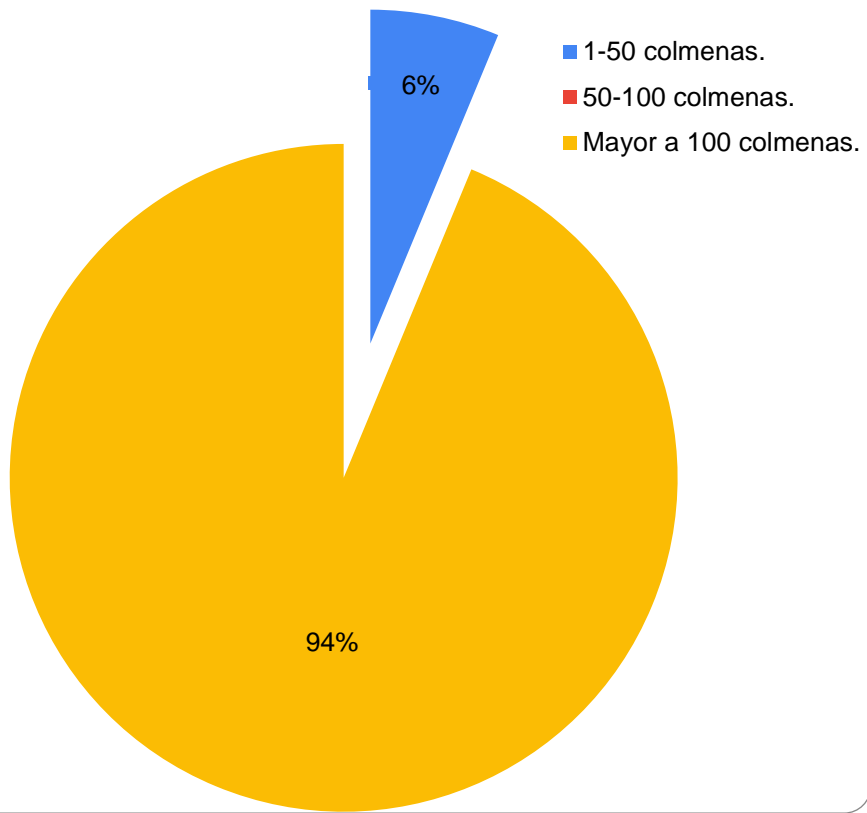
Anexo 2: Resultados de la encuesta a productores apícolas por google form.



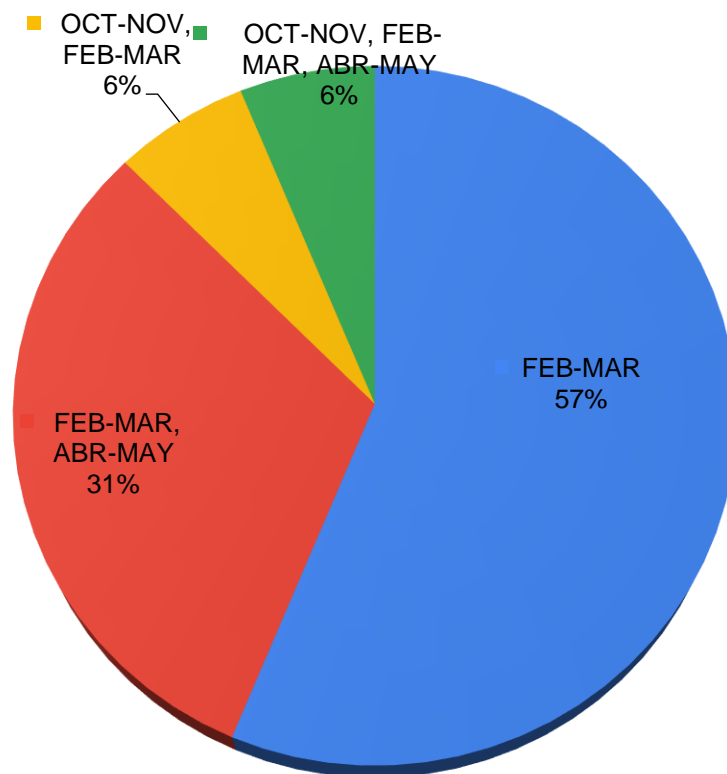
Entes públicos reguladores de tranhumancia



Nº colmenas/productor.



Meses de Floración de *Eucalyptus* sp.



AGRADECIMIENTOS

A mi Directora y Co-Directora por su acompañamiento en este proceso. También agradecer al Dr. Diego Bletter por su colaboración en el ámbito de la apicultura y a la Mg. Paola Soñez por su compromiso en el transcurso del trabajo. Ala Méd. Vet. Natalia Messina por la difusión de la encuesta y a los productores apícolas que respondieron la encuesta.

A los Directivos y Docentes de la Maestría, por fomentar mi aprendizaje y entusiasmo, haciendo un recorrido significativo.

Al jurado por realizar sus aportes en beneficio del trabajo, con mucho respeto en cada comentario.