

Trabajo Final de Maestría

“Evolución temporal de superficies en plantaciones de *Eucalyptus* y *Pinus* en Entre Ríos: aportes para el control de los beneficios tributarios”

Trabajo Final de Maestría presentado como requisito para obtener el grado de Magister en Geomática Aplicada a la Gestión de Riesgos Ambientales
Resolución N° 1461-12 Consejo Superior UADER

Por

Lic. Leonardo Miguel Brambilla

Lic. en Sistemas de Información – UTN – 2008

Director: **Dr. Pablo Gilberto Aceñolaza**

Diamante, Argentina
2021

ÍNDICE: TABLA DE CONTENIDOS

Capítulo I: Introducción	4
I.I Introducción	4
I.II Situación actual	5
I.II.I Cadena de valor y su efecto	6
I.II.II Marco normativo e importancia del tema	7
I.III Objetivos	8
I.III.I Objetivo General:	8
I.III.II Objetivos Específicos:	8
I.III.III Hipótesis De Trabajo:	9
I.IV Estructura del trabajo	9
Capítulo II: Características Del Área de Estudio	10
II.I Ambiente y Geografía física	10
II.II Caracterización De La Región De Interés	10
Capítulo III: Procedimiento y Situación Actual	13
III.I Procedimiento actual	13
III.I.I SOLICITUD DEL BENEFICIO	13
III.I.II RENOVACIÓN DEL BENEFICIO	14
Capítulo IV: Materiales y Métodos.	16
IV.I Disponibilidad de datos y Selección de sensores.	16
IV.I.I Landsat - NASA	16
IV.I.II Sentinel - ESA	16
IV.II Otros Recursos	18
IV.III Softwares	18
IV.IV Plataforma Google Earth Engine	19
IV.IV.I Catálogo de Datos GEE	20
IV.IV.I.I Catálogo de Datos Landsat 5 y 8	21
IV.IV.I.II Catálogo de Datos Sentinel-2	21
IV.V Método Propuesto	22
IV.V.I Clasificación no Supervisada	22
IV.V.I.I Clasificación digital de imágenes satelitales	22

IV.V.I.II Métodos empleados en la clasificación digital de imágenes satelitales	23
IV.V.II Manipulación y análisis de los datos	24
IV.V.II.I OpenGIS - Simple Features Specification for SQL	25
Capítulo V: Desarrollo del protocolo y Resultados.	26
V.I Desarrollo General del protocolo	26
V.II Etapas de trabajo	28
Fase 1: Procesamiento con la plataforma GEE.	28
Fase 2: Procesamiento con Qgis - Realces y mejoras - Landsat 5 / 8 y Sentinel 2.	36
Fase 3.1: Procesamiento con consultas SQL.	41
Fase 3.2: Carga de Datos de SAT	44
Fase 3.2.1 Exenciones e integración de datos con el GIS	44
Fase 3.2.1 Carga de listado de trámites para Exenciones 2019	46
Fase 4: Verificación	47
Fase 4.1: Diseño del muestreo para la Verificación	47
Fase 4.2: Evaluación de la Fiabilidad	53
V.III Metodología de protocolo final propuesto	54
Capítulo VI: Resultados y conclusiones	55
VI. I Resultados y discusión	55
Diseño y desarrollo del Protocolo Propuesto	55
4.2.1 Clasificaciones con imágenes Landsat 8 OLI	55
4.2.1 Clasificaciones con imágenes Sentinel 2	58
Superficie forestal contra la reportada por el área forestal	61
Certificaciones y Exenciones	61
Actividad forestal	63
Cambios espacio-temporales en las superficies de las plantaciones	64
Variaciones multitemporales de superficies	64
Comportamiento de imágenes Landsat vs Sentinel	66
Aplicación y estudio de las Exenciones Tributarias	67
VI. II Conclusiones	70
ANEXO 1: Referencias	72
ANEXO 2: Glosario y términos	76
ANEXO 3: Gráficos y Figuras	78

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

I.1 Introducción

La expansión forestal en América Latina, a partir de la explotación con fines comerciales de plantaciones de pino y eucalipto, es el resultado de políticas públicas que favorecieron el sector forestal, que datan de mediados del siglo XX, y de la implementación de una geopolítica diseñada para satisfacer la demanda mundial de productos, entre ellos celulósicos (Alvarado, 2.009).

Se estima que el crecimiento sostenido de la demanda de papel y cartón alcanzó para el año 2.016 los 438 millones de toneladas anuales (FAO, 2.016) con perspectivas de crecimiento continuo. Los requerimientos de celulosa para papel llevaron a las grandes empresas forestales del mundo desarrollado a expandirse, privilegiando tres regiones: el Sudeste de Asia, América Central y el Cono Sur de América Latina. Estas regiones ofrecen varias ventajas para la actividad forestal: condiciones ambientales favorables al crecimiento rápido de los árboles, abundancia de agua, relativamente bajos costos de la tierra, bajo costo de la mano de obra.

La expansión forestal en el Cono Sur se ha traducido en las siguientes cifras: Brasil ocupa el cuarto lugar mundial en la producción de todos los tipos de celulosa y el primer lugar en celulosa de fibra corta de eucalipto; el sector forestal chileno ha crecido a razón de 10% anual en los últimos 15 años; en Argentina existen más de un millón trescientas mil hectáreas plantadas de pino y eucalipto y las exportaciones de productos forestales han crecido en forma significativa en los últimos años; la superficie forestada en Uruguay alcanza en la actualidad unas 800.000 hectáreas, lo que representa 25% de los suelos de prioridad forestal. (Alvarado, 2.009).

Dado que las inversiones en la cadena foresto industrial siempre tienen un horizonte de largo plazo, de 7 a 15 años o incluso más, dependiendo de especie y los sitios de plantación, uno de los puntos más relevantes a la hora de incentivar el desarrollo del sector pasa por optimizar y clarificar el ambiente de negocios dando previsibilidad a los inversores. En este sentido, además de la necesidad de un contexto macroeconómico, las reglas estables se comenzaron a establecer en Argentina a partir de la década del 90 con la Ley 25.080 que promueve la actividad dando un marco de estabilidad al sector.

I.II Situación actual

Actualmente en Argentina hay implantadas con bosques 1,3 millones de hectáreas, que genera una producción de rollizos de casi 15 millones de metros cúbicos. Gracias a esto hay 2.088 aserraderos, 20 fábricas de tableros, 5 de pasta celulósica, y 58 de papel y cartón, generando empleo a 95 mil personas de forma directa, lo que implica desarrollo regional en provincias como Misiones, Corrientes y Entre Ríos, quienes concentran la mayor parte de las hectáreas forestadas (Chacra, 2.018).

La superficie forestada está conformada casi exclusivamente por especies de rápido crecimiento, donde predominan los Pinus, Eucalyptus y Salicáceas (Figura 1). Cerca del 80% de la superficie se encuentra en la región Mesopotámica. Esto es el resultado de una política nacional de incentivos a la forestación que se implementó durante más de 30 años y que aún hoy está en vigencia la Ley N° 25.080, de Inversiones para Bosques Cultivados, y sus prórrogas la Ley N° 26.432 y Ley N° 27.487; que establecen incentivos para el desarrollo del sector forestal.



FIGURA 1: ESPECIES QUE SE CULTIVAN EN ARGENTINA - (FUENTE, AFOA, 2018)

En lo que respecta a Entre Ríos, se puede decir que a partir de los resultados del inventario forestal que indican la existencia de 154.000 hectáreas forestadas, donde en un 75% corresponde a eucaliptos, siendo su principal exponente el *Eucalyptus grandis*, por lo que a esta zona se la considera el mayor núcleo de esta especie en el país, destacándose que los crecimientos en los mejores suelos locales son comparables a los más altos logros a nivel internacional. El 25% restante se distribuye entre especies forestadas de pinos y salicáceas. Salicáceas 13 % y Coníferas 12 %, siendo las cuencas principales y de potencial expansión las Cuencas del Uruguay y del Delta. De ese total, el 75% tiene como destino a los 200 aserraderos con que cuenta la provincia. (Entre Ríos, 2.018).

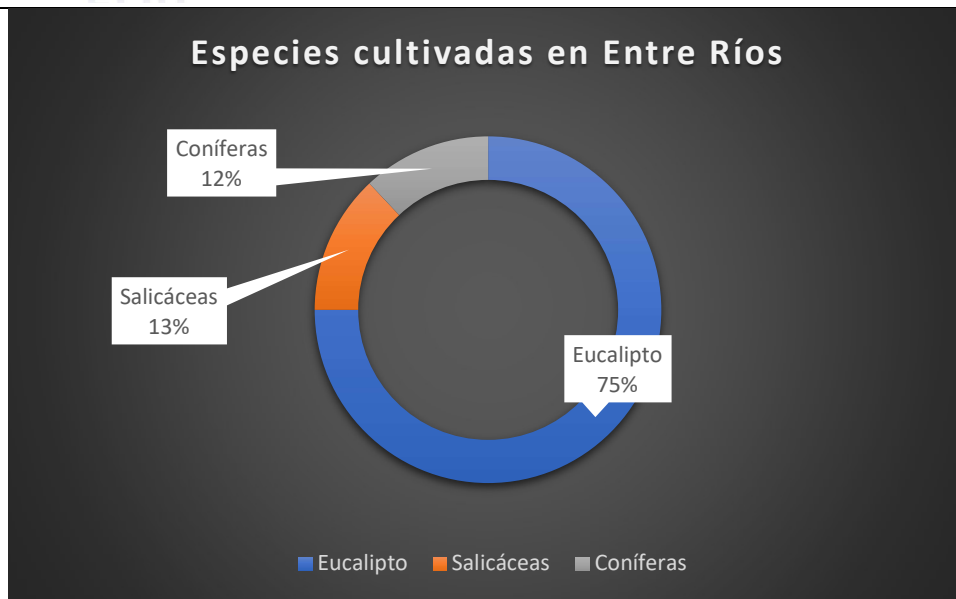


FIGURA 2: DISTRIBUCIÓN DE LAS PLANTACIONES FORESTALES. (FUENTE, ENTRE RÍOS, 2.018).

Evolución de las extracciones de madera por especie en la provincia de Entre Ríos.

Evolución de las extracciones de madera por especie

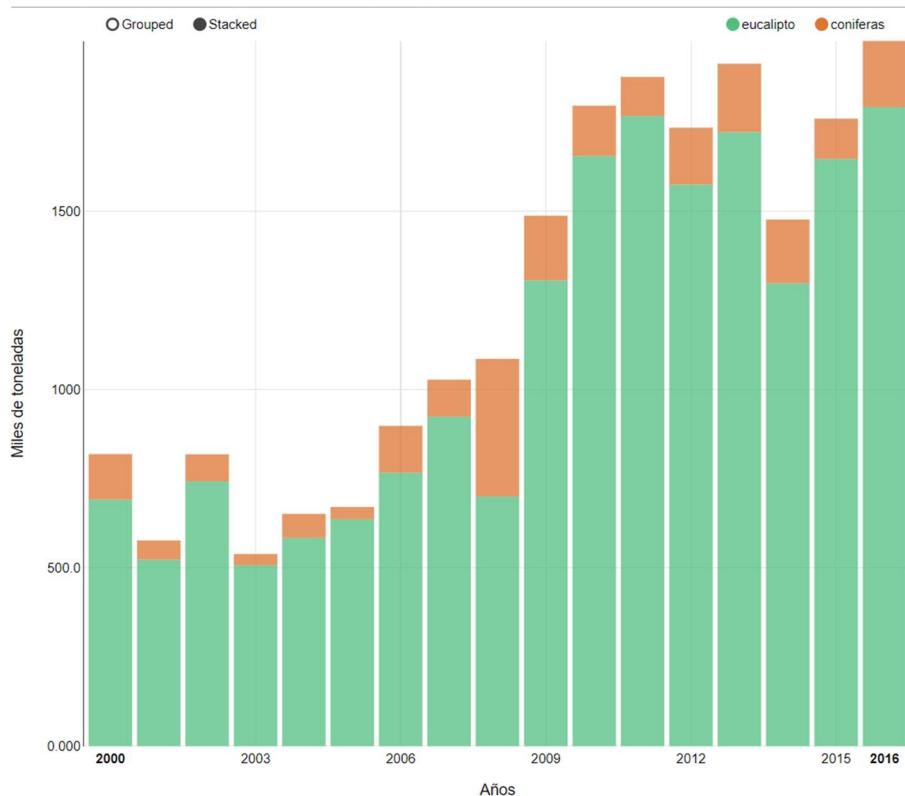


FIGURA 3: EXTRACCIONES DE EUCALIPTO Y CONÍFERAS EN ENTRE RÍOS – AÑOS 2000 AL 2016. (AGROINDUSTRIA, 2.017)

I.II.I Cadena de valor y su efecto

La actividad forestal si bien se planifica a mediano y largo plazo, estos plazos se han reducido con el tiempo en función de nuevas especies, mejora genética, menores diámetros de

corte y tecnologías que permiten el uso optimizado de diámetros de madera pequeños. La producción permite en algunos casos, el uso de suelo con ganadería asociada, lo que adelanta beneficios y rentabilidades que de otra forma retornarán solo al final del ciclo. Además, alrededor de las plantaciones se genera un conglomerado productivo conocido como clúster forestal, compuesto por productores, industrias, investigadores, profesionales, contratistas y una importante red de empresas proveedoras de herramientas, maquinaria, tecnología, transporte y logística, entre otras. (AFOA, 2.018)

La cadena de valor comprende al sector forestal primario, a las actividades industriales constituidas principalmente por la transformación física (y/o química) de la madera, y a los servicios correspondientes a la comercialización y transporte de sus productos. Las actividades forestales pueden ser organizadas, de acuerdo con el recurso primario que procesan, en bosque nativo e implantado. En este sentido, se reconocen diferentes características que definen las diversas etapas de la cadena, según se trate de materia prima proveniente de uno u otro tipo de bosque. En este trabajo sólo haremos referencia al bosque implantado. (IDCDV, 2.016).



FIGURA 4: CADENA DE VALOR DE LA FORESTO INDUSTRIA - (FUENTE, (AFOA, 2.018))

I.II.II Marco normativo e importancia del tema

En cuanto a la legislación, como se mencionó anteriormente, la Ley N° 25.080 sancionada en el año 1.998, promueve el crecimiento de esta actividad a través de aportes económicos no reintegrables, creando así un régimen de incentivo tanto para las nuevas inversiones forestales como para la ampliación de aquellas ya existentes. A su vez, esta ley de promoción de bosques cultivados legisla acerca de los beneficios y establece otras medidas de carácter impositivo de apoyo a las actividades foresto-industriales, en el 2.008 esta norma fue modificada por la Ley N° 26.432 (Ley N° 26.432, 2.008), que proroga su vigencia por 10 años más, lo que permite expandir a dos millones de hectáreas la superficie de bosques cultivados para el 2.019. El 12 de diciembre de 2.018 el Senado de la Nación convirtió en Ley N° 27.487 que proroga, con modificaciones, la Ley N°25.080, clave para continuar con la promoción del desarrollo foresto industrial, este proyecto tomó como base los 20 años de experiencia en la aplicación de la norma para hacer el régimen más expeditivo y funcional.

Esta Ley de promoción, tiene como finalidad incrementar el stock de 1,3 a 2 millones de ha de bosques cultivados en el país, generar desarrollo sostenible y contribuir con los compromisos de Cambio Climático asumidos en el Acuerdo de París. Actualmente, se estima que

el 95% de la foresto-industria se provee de bosques implantados, con un amplio espectro de productos y subproductos derivados. (MAGyP, 2.018)

La provincia de Entre Ríos adhiere a la Ley Nacional Nº 25.028, en el año 2.000, mediante la Ley Provincial Nº 9.243, la que indica en su ARTÍCULO 6º, lo siguiente: Declárase exento del pago del impuesto inmobiliario a las superficies efectivamente ocupada por el bosque implantado más la superficie aledaña afectada al proyecto como caminos, tajamares, otras reservas de agua, instalaciones, áreas de reserva de biodiversidad, bordes de arroyos, bajos anegadizos (Ley Nº 9.243, 2.000).

Dicha adhesión produjo beneficios fiscales locales para los productores que, por un lado, impactaron negativamente sobre las arcas provinciales al disminuir los impuestos y contribuciones que se recaudan sobre esas tierras y sobre los productores, pero que a su vez generan una gran cantidad de beneficios directos e indirectos asociados al incremento de la actividad foresto-industrial en la región y por lo tanto al ingreso de dividendos por otras vías.

En este sentido la Administradora Tributaria de Entre Ríos (ATER) es la encargada de velar por la correcta aplicación de las tasas e impuestos, y para ellos debe tener certezas sobre las personas y empresas alcanzadas en un determinado beneficio, junto con sus partidas catastrales, localizaciones o ubicaciones y las fechas de ingreso y egreso al beneficio.

Hasta el presente, dicho proceso es realizado de forma manual, según información recibida desde el Área Forestal de la Provincia de Entre Ríos, perteneciente al Ministro de Producción, Turismo y Desarrollo Económico, sobre beneficiarios de las leyes 25.080 y provincial 9.243, sin tener una adecuada corroboración interna desde ATER, siendo plausible de errores.

De este contexto es donde se ve la necesidad de adaptar procesos administrativos, para contribuir a la equidad tributaria y a la correcta aplicación de los beneficios en la Provincia de Entre Ríos, otorgados por la aplicación llevada a cabo por la adhesión de la provincia a la Ley Nacional Nº 25.028.

I.III Objetivos

I.III.I Objetivo General:

Generar una metodología protocolizada de validación de información forestal, precisa y estable en el tiempo que permita tener los resguardos que requiere la correcta aplicación de la Ley provincial Nº 9.243.

I.III.II Objetivos Específicos:

- Generar un protocolo informático que, mediante diferentes funciones, establezca un proceso claro de validación automática y repetitiva en el tiempo, de los datos provistos por diferentes oficinas gubernamentales.
- Comparar la superficie actual de las plantaciones forestales de *Pinus* y *Eucalyptus* en base a geomática, con respecto a la situación informada por el Área Forestal de la Sec. de la Producción de la provincia.

- Determinar los cambios espacio-temporales en las superficies de plantaciones de *Pinus* y *Eucalyptus*, desde el momento de la sanción de la Ley Prov. Nº 9.243 hasta el 2020, en la costa del Río Uruguay de la provincia de Entre Ríos, basándose en el uso de imágenes satelitales.
- Evaluar el comportamiento de dos tipos de imágenes respecto a la precisión de los datos obtenidos.
- Evaluar la aplicación de las Exenciones Tributarias (vigentes y caducas) en el marco de la Ley Provincial Nº 9.243 en el periodo de tiempo desde la aplicación de la ley hasta el 2020.

I.III.III Hipótesis De Trabajo:

El trabajo propuesto, por su tipo de desarrollo, conlleva hipótesis que tiene que ver con la veracidad y el nivel de error de los datos que se intercambian entre diferentes entes de la provincia. En este sentido, el trabajo posee un carácter primordialmente técnico ya que tiende a resolver una problemática específica de validación de datos utilizados para conceder exenciones impositivas asociadas a los beneficios de la ley de promoción forestal

I.IV Estructura del trabajo

El presente trabajo está desarrollado en 6 capítulos. En los cuales en cada uno trata una temática distinta de todas las que intervienen en la construcción de esta tesis. En el capítulo I se presenta el problema y el marco de antecedentes. En el capítulo II se desarrolla brevemente la descripción del ambiente en la zona de estudio, para posteriormente ahondar sobre las características puntuales de las plantaciones forestales. Luego en el capítulo III se describe el estado actual del procedimiento y cuáles son los datos de entrada y procesos necesarios para obtener las exenciones inmobiliarias. A continuación, en el capítulo IV se expone la justificación de la selección de los sensores y material y otros recursos utilizados para obtener los datos remotos, y así poder validar el procedimiento.

En el capítulo V se lleva a cabo, el desarrollo del protocolo propuesto para obtener los resultados a partir de los programas y códigos generados por la implementación del procedimiento. Luego en el capítulo VI, se exponen los resultados, la conclusión, los límites del presente trabajo y consideraciones a futuro.

Por último, se presentan una serie de anexos de referencias, glosario de términos, índices de tablas, índices de gráficos e índice general.

CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

II.I Ambiente y Geografía física

La provincia de Entre Ríos está situada entre los ríos Paraná y Uruguay, forma parte de la Mesopotamia, junto a las provincias de Corrientes y Misiones. Limita al Norte con la provincia de Corrientes, al Oeste y Sudoeste con Santa Fe, al Sur con Buenos Aires y al Este con la República Oriental del Uruguay. Se encuentra situada entre los 30° 10' y 34° 03', de latitud sur y entre los 57° 48' y 60° 47' de longitud Oeste. Tiene una superficie de 78.781 km², equivalente al 2,8 % de la Superficie Argentina. (GIRSU, 2.014)

El territorio se caracteriza por la marcada heterogeneidad de su topografía, suelos y vegetación, destacándose dos importantes cuencas interiores, la del arroyo Feliciano y la del río Gualeguay, afluentes del río Paraná.

Pueden definirse dos grandes regiones climáticas, una al norte del paralelo de 32° que corresponde al clima subtropical sin estación seca y otra al sur de dicho paralelo con clima templado pampeano. Predominan los vientos cálidos del NE, abarcando el período más probable de ocurrencia de heladas meteorológicas los meses de mayo a septiembre. Las medias anuales de precipitación disminuyen desde los 1.200 mm en el NE hasta los 900 mm en el SO, siendo las estaciones lluviosas el otoño (31%) y el verano (29%). Las estaciones con menores precipitaciones son el invierno (15%) y la primavera (25%). (Brizuela, 2.006)

Está situada estratégicamente en el corazón del MERCOSUR, por la provincia pasa el corredor bioceánico que une Chile, Uruguay, Argentina y el sur de Brasil además de importantes conexiones viales, ferroviarias y portuarias que la comunican con los grandes centros de consumo de la región y del mundo.

El grueso de las forestaciones se ubica sobre los suelos arenosos y arenosos mestizos, localizados en el este de la provincia, cercanos al Río Uruguay. La provincia cuenta en la actualidad con unas 145 mil has forestadas, principalmente de *Eucalyptus grandis*, las cuales se concentran sobre las terrazas del Río Uruguay, en una franja de 20 km paralela a la costa del mencionado río. (Agroindustria, 2.019) En el caso de pequeños y medianos macizos, es común encontrar plantaciones compartiendo la superficie con otros cultivos como lo son los cítricos, arándanos y también el monte nativo, principalmente en las orillas de los ríos y arroyos. Esta característica, sumada a la tendencia de manejo actual con raleos, tiende a favorecer el mantenimiento de la biodiversidad procurando minimizar los impactos negativos en el ambiente, que como en toda actividad antrópica siempre están presentes.

II.II Caracterización De La Región De Interés

El área de interés se encuentra ubicada en el departamento Colón, que cuenta con 265.400 has, lo cual equivale a 3,6 % de la superficie provincial. La cabecera de departamento es la localidad homónima Colón.

El departamento cuenta principalmente con peniplanicies suavemente onduladas, altillanuras y terrazas antiguas, arenosas de la costa del Uruguay con una fisiografía ondulada.

El clima preponderante es templado húmedo de llanura, sin situaciones extremas de temperatura. El régimen térmico es templado, con una temperatura media anual 17,9°C. Las estaciones no se presentan en forma definida, con temperaturas altas en invierno y bajas en verano. En lo que respecta a los suelos, son suelos arenosos pardos (localmente denominados “mestizos”) de los órdenes Inceptisoles y Molisoles (INTA, 1.993; Aceñolaza et al., 2.013).

El sistema productivo es predominantemente Forestal-Ganadero, presentando 35.870 has de forestación, principalmente con Eucaliptos. (INTA, 2.007)

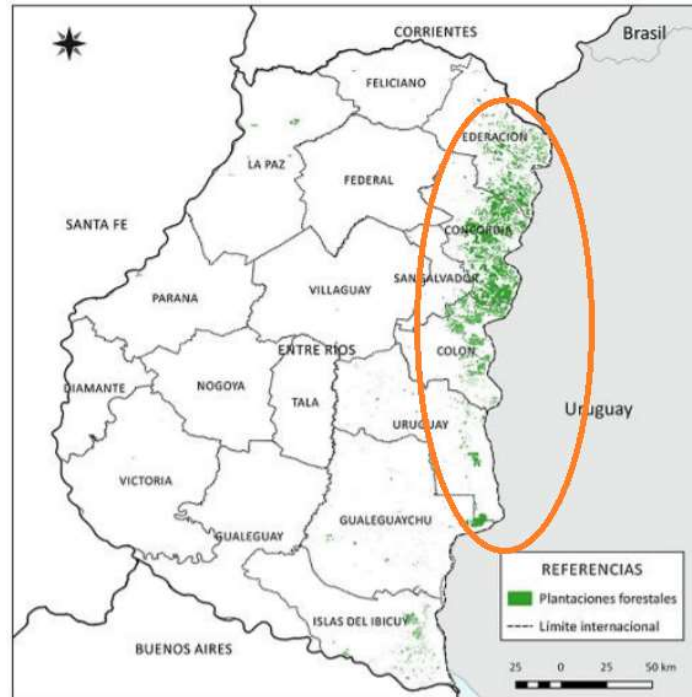


FIGURA 5: MAPA DE PLANTACIONES FORESTALES – (AGROINDUSTRIA, 2.017)

A los efectos de este trabajo, y para poder ajustar un área de validación de metodologías y resultados, se acota un área de pruebas en el Distrito Cuarto del Departamento Colón, pero cabe aclarar que este trabajo es replicable a las plantaciones forestales distribuidas en la cuenca Entrerriana del Río Uruguay, ya que se encuentran principalmente en los departamentos Concordia y Colón. El área de estudio elegida está delimitada con su esquina superior izquierda en 29° 30' 4,43" latitud sur y 65° 34' 41,16" longitud oeste y su esquina inferior derecha en 33° 36' 26,93" latitud sur y 63° 31' 33,96" longitud oeste, abarcando una superficie de aproximadamente 446,54 km².

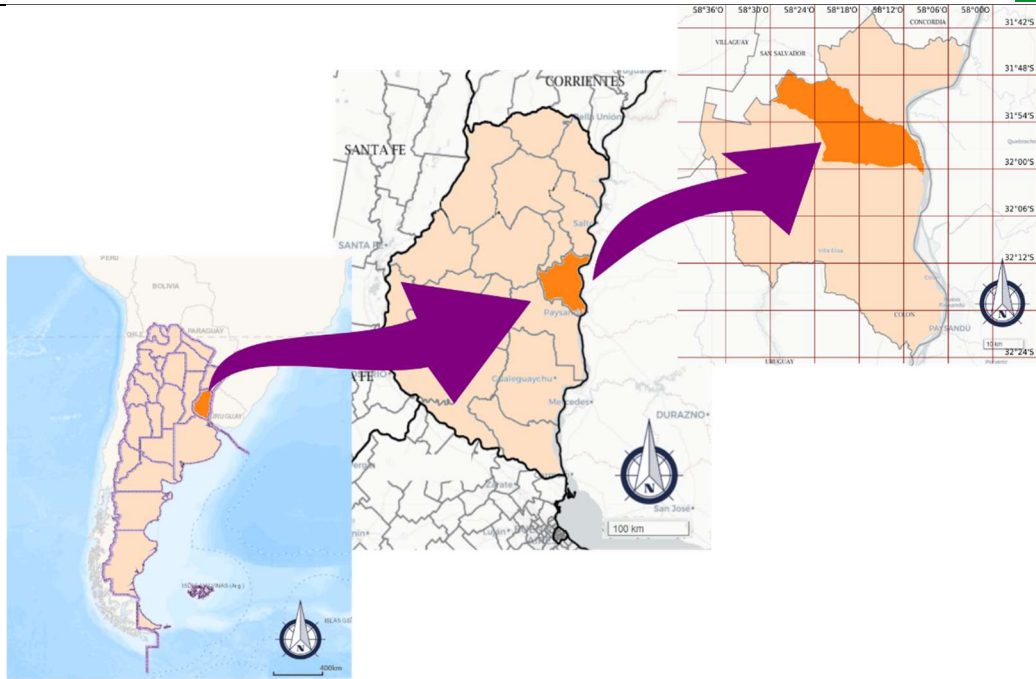


FIGURA 6: UBICACIÓN DEL DISTRITO 4TO. DEL DEPARTAMENTO COLÓN - E.R.

CAPÍTULO III: PROCEDIMIENTO Y SITUACIÓN ACTUAL

Describimos en este capítulo la estructura administrativa y de gestión que se utiliza para cumplir con lo establecido por la Ley 25.080 para los trámites de solicitud de la exención al Impuesto Inmobiliario de ATER, el cual se denomina: EXENCIÓN POR FORESTACIÓN - IMPUESTO INMOBILIARIO.

Actualmente este trámite otorga dos tipos posibles de exenciones, por un lado, puede ser una *Exención Total*, la cual incluye el 100% del impuesto determinado o una *Exención Parcial*, la cual es inferior a la totalidad del impuesto determinado. La diferencia entre ambos tipos de exenciones está asociada a la superficie vinculada según la actividad forestal declarada en el trámite de CERTIFICACION FORESTAL efectuado ante el Área Forestal, contra la superficie de la partida o partidas catastrales de las cuales se considera su superficie en forma total o parcial, distinguiéndose indirectamente de esta manera un tipo de exención de otra.

Parámetros y validaciones necesarias para la tramitación:

- La partida debe poseer datos consistentes y reales.
- Las superficies deben ser validadas, y coincidir las superficies de las partidas con las declaradas.
- La partida debe ser Planta Subrural (4: Subrural Baldío o 5: Subrural Edificado) o Rural (6: Rural sin Construcciones o 7: Rural con Construcciones). (Ley N° 8.672, 1.993)
- El titular de la partida deberá poseer CUIT.
- El titular deberá estar inscripto en I.I.B.B. en alguna actividad afín, con constancia de libre deuda o deuda regularizada.

III.I Procedimiento actual

La tramitación de las exenciones, se lleva a cabo como resultado de un listado con las novedades reportadas por el Área Forestal de Entre Ríos, ente que gestiona las CERTIFICACIONES FORESTALES.

III.I.I SOLICITUD DEL BENEFICIO

1. El contribuyente deberá gestionar en el Área Forestal de Entre Ríos - Dirección de Recursos Naturales, con la documentación que esa Dirección estime pertinente en relación a lo netamente técnico requerido para obtener el certificado de Inscripción que actualmente otorga el área.
2. Una vez obtenido el CERTIFICADO extendido por el Área forestal donde consten los datos de la superficie forestada, la correspondiente a caminos y cortafuegos como así también la vigencia de la exención, de acuerdo a la especie implantada, el contribuyente está en condiciones a que se le otorgue la exención solicitada.
3. La Dirección de Impuestos de ATER recibe, proveniente desde el Área Forestal de la Provincia de Entre Ríos, un listado en un archivo (Excel o similar) con información básica de los inmuebles rurales y subrurales, a los cuales se les ha extendido el certificado, para poder aplicar y hacer efectiva la exención, en la

cual se podrán ver donde se plantean las dificultades e inconvenientes en cuanto a datos de los inmuebles y titulares.

El archivo contiene, actualmente, la siguiente estructura de información; el mismo ha variado sustancialmente a través de los años lo que dificulta la comparación y el seguimiento en secuencias temporales largas:

- Departamento
 - Partida
 - Dígito verificador.
 - Razón social o nombre completo.
 - Distrito.
 - Superficie de Terreno en Hectáreas.
 - Porcentaje Forestada.
 - Superficie Forestada
 - Número de Legajo.
 - “Certificado en” ... valor que es expresado por el año indicado en el CERTIFICADO DE INSCRIPCIÓN.
4. Una vez recibido el archivo se envía al Área de DSA - DSI de ATER, en la cual se procede a realizarle una serie de controles antes de cargar las exenciones; a saber:
- Controlar que el titular/responsable de la presentación tenga CUIT y sea válido.
 - Que estén completos los datos del Departamento, partida y dígito verificador.
 - Que posea datos de titularidad correctos.
 - Que los datos de la partida provincial condigan con los datos de las bases de ATER.
5. Concluido este procedimiento, se remite el Expediente junto con los datos validados a la Dirección de Impuestos para su control y posterior autorización.
6. Luego de la autorización, se procede a la carga masiva de las exenciones en la cual se procesarán y se cargan cada una de las tramitaciones individuales, transformándose así en exenciones disponibles en el sistema SAT (Sistema de Administración Tributaria de ATER).

III.I.II RENOVACIÓN DEL BENEFICIO

El trámite de renovación se realiza, siempre que no existan modificaciones en la superficie de las partidas y/o superficie forestada de las mismas, en el Área Forestal Provincial, y se procesa en ATER de la misma manera que un trámite Nuevo.

Hasta este punto se pueden apreciar una serie de falencias en el proceso de intercambio de información, ya que se descartan u otorgan exenciones a trámites, de toda una serie de partidas catastrales de aquellos certificados, generalmente correctamente otorgados, pero no validadas desde ATER. Esto ocurre al no poder controlar los trámites recibidos desde el Área Forestal, ya sea por no poseer los mecanismos ni herramientas de control en el intercambio de

información, o bien por no contar con elementos para que en el momento de la carga original de los datos el Área Forestal disponga de formatos de carga de datos unificada con ATER.

Dentro de los elementos se controlan, por ejemplo, los datos de partidas inmobiliarias, superficies reales y forestadas; y distintas titularidades. Este conjunto de problemas, son los que se observan frecuentemente en el post-procesamientos de la información.

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS.

IV.I Disponibilidad de datos y Selección de sensores.

Para poder realizar este trabajo se utilizaron imágenes satelitales del área de estudio, tanto actuales como históricas, ya que por un lado la información de archivo es indispensable para poder obtener los valores a una fecha determinada para cada pixel de la zona de interés; y por otro lado también contar con imágenes actuales, que serán utilizadas para los cálculos y estimaciones temporales y espaciales de las exenciones correspondientes.

Para realizar este trabajo se utilizaron imágenes de los satélites disponibles de manera libre, con su correspondiente archivo histórico, y que además poseen una resolución media del orden de los 10-30m. Estas corresponden a los satélites del programa Landsat (NASA) y del programa Sentinel (ESA).

IV.I.I Landsat - NASA

El satélite Landsat 8 con una resolución temporal de 16 días y una resolución espacial de 30m, incorpora dos instrumentos de barrido: OLI (Operational Land Imager), y un sensor térmico infrarrojo llamado TIRS (Thermal Infrared Sensor). (NASA, 2.013).

Las bandas espectrales del sensor OLI son similares al sensor Landsat 7 ETM +, ya que proporcionan una mejora de los instrumentos de las misiones Landsat anteriores. Adicionalmente incorpora una banda de control de calidad, que se incluye con cada producto de datos generado.

El sensor TIRS recoge dos bandas espectrales en longitudes de onda incluidas por la misma banda en los anteriores sensores TM y ETM+.

IV.I.II Sentinel - ESA

El lanzamiento del Sentinel-2A tuvo lugar el 23 de junio de 2.015 y el del Sentinel-2B el 7 de marzo de 2.017. El tiempo de revisita, estando ambos satélites operativos, es de 5 días. (ESA, 2.017)

Sentinel 2 utiliza un sistema de barrido a lo largo de la trayectoria (push-broom) para generar una imagen de 290 kilómetros de ancho y poder ofrecer muy altas prestaciones geométricas y espectrales en sus datos.

La misión Sentinel-2 está compuesta por el instrumento MSI (MultiSpectral Instrument) que toma datos de alta resolución espacial con el fin de monitorizar la superficie terrestre. La cámara cuenta con dos grandes planos focales, uno en las bandas del visible (VIS) y del infrarrojo próximo (NIR) y el otro, en el infrarrojo medio (SWIR). Cada uno de ellos está equipado con 12 detectores con un total de 450.000 píxeles. Sentinel-2 consta de 13 bandas con distintas resoluciones espaciales (10m, 20m o 60m).

La Tabla 1 presenta las bandas espectrales de las imágenes Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+, Landsat-8 OLI y Sentinel-2A/B MSI, indicando las longitudes de onda extremas de cada banda.

Landsat 5 TM [μm] (m)	Landsat 7 ETM [μm] (m)	Landsat 8 OLI-TIRS [μm]	Sentinel 2A[μm] (m)	Sentinel-2B [μm]
B1: 0.45 - 0.52 (30)	B1: 0.45 – 0.51 (30)	B1: 0.43 – 0.45	B1: 0.430 – 0.457 (60)	B1: 0.419 – 0.464
B2: 0.52 – 0.60 (30)	B2: 0.52 – 0.60 (30)	B2: 0.45 – 0.51	B2: 0.447 – 0.545 (10)	B2: 0.443 – 0.541
B3: 0.63 – 0.69 (30)	B3: 0.63 – 0.69 (30)	B3: 0.53 – 0.59	B3: 0.537 – 0.582 (10)	B3: 0.536 – 0.582
B4: 0.76 – 0.90 (30)	B4: 0.77 – 0.90 (30)	B4: 0.64 – 0.67	B4: 0.645 – 0.683 (10)	B4: 0.645 - 0.684
B5: 1.55 – 1.75 (30)	B5: 1.55 – 1.75 (30)	B5: 0.85 – 0.88	B5: 0.694 – 0.713 (20)	B5: 0.693 - 0.713
B6: 10.40 – 12.50 (120)	B6: 10.40 – 12.50 (60)	B6: 1.57 – 1.65	B6: 0.731 – 0.749 (20)	B6: 0.730 – 0.748
B7: 2.08 – 2.35 (30)	B7: 2.09 – 2.35 (30)	B7: 2.11 – 2.29	B7: 0.768 – 0.796 (20)	B7: 0.765 – 0.793
	B8: 0.52 – 0.90 (15)	B8: 0.50 – 0.68	B8: 0.762 – 0.907 (10)	B8; 0.766 - 0.899
		B9: 1.36 – 1.38	B8a: 0.848 – 0.881 (20)	B8a: 0.848 - 0.880
		B10: 10.60 – 11.19	B9: 0.932 – 0.958 (60)	B9: 0.929 – 0.956
		B11: 11.50 – 12.51	B10: 1.336 – 1.411(60)	B10: 1.338 – 1.414
			B11: 1.542 – 1.685 (20)	B11: 1.539 – 1.680
			B12 2.081 – 2.323 (20)	B12: 2.066 – 2.304

TABLA 1: BANDAS ESPECTRALES LANDSAT-5 TM, LANDSAT-7 ETM+, LANDSAT-8 OLI Y SENTINEL-2AyB. LA COLUMNA SENTINEL-2A INDICA LA RESOLUCIÓN ESPACIAL EN METROS DE LA BANDA ENTRE PARÉNTESIS. - FUENTE: (NASA, 2013) (ESA, 2017)

El amplio espectro de imágenes libres disponibles propicia una variedad de aplicaciones para distintos tipos de usos, por lo tanto, evaluando los productos disponibles por ambos sensores se decidió utilizar las imágenes generadas por el sensor Landsat y su comparación con imágenes Sentinel. Esto permite evaluar resultados y utilizarlo de control de procedimiento ya que, además de tener mejor resolución espacial, la resolución temporal que provee es más alta que la de los sensores a bordo de los satélites Landsat. Otra característica determinante es que, para la ejecución de los Inventarios Forestales de las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos, se utilizaron principalmente imágenes Landsat. (Inventario Forestal, 2.008)

Otra pauta que impulsó a elegir los productos del sensor Landsat es la continuidad y disponibilidad de los productos, el archivo de imágenes de Landsat es amplio, poseyendo un registro continuo para el área de estudio, muy anteriores a la fecha de interés.

Landsat 5	Landsat 7	Landsat 8	Sentinel 2A	Sentinel-2B
1984 – 2012	1999 - Presente	2013 – Presente	2015-06-23 – Presente	2017 – Presente

TABLA 2: DISPONIBILIDAD DE DATOS DE LOS SATÉLITES LANDSAT-5, LANDSAT-7, LANDSAT-8 Y SENTINEL-2AyB - FUENTE: (GEE, LANDSAT) (GEE, SENTINEL)

Por otra parte, también se utilizó para contrastar e identificar tipos de plantaciones forestales: controles de campo e imágenes de alta resolución de servicios gratuitos como Google Earth, Esri Imagery, Bing Image y otras existentes al momento de la ejecución del trabajo.

IV.II Otros Recursos

Los recursos para este trabajo en líneas generales, son los siguientes:

- Listado de Certificados de inscripciones originales otorgados desde el Año 2000 – Área Forestal – Secretaría de Producción Primaria - Provincia de Entre Ríos.
- Exenciones Otorgadas desde el año 2000 a la fecha - Dirección de Impuestos - ATER.
- Parcelario rural del Departamento Colón - Dirección de Catastro - ATER.
- Puntos para validación y entrenamiento – Características identificadas visualmente con Google Earth, Street View y puntos de campo recolectados con GPS. También se utilizaron imágenes de alta resolución de los servicios gratuitos de Esri Imagery y Bing Maps.

IV.III Softwares

Se utilizarán los siguientes softwares, teniendo la premisa de priorizar el uso de software libre:

QGIS, anteriormente también conocido como Quantum GIS, es un Sistema de Información Geográfica de código libre bajo licencia GNU General Public License (GPL) para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android.

GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) software SIG bajo licencia GNU General Public License (GPL). Puede soportar información tanto ráster como vectorial y posee un amplio abanico de herramientas de procesamiento digital de imágenes.

Google Earth Engine, plataforma para el análisis científico a escala Petabyte (PB) y la visualización de conjuntos de datos geoespaciales en la nube. La principal diferencia con la aplicación Google Earth es la capacidad de análisis de los datos. Earth Engine almacena

imágenes satelitales, las organiza y las pone a disposición para la extracción de datos a escala global. El archivo público de datos, incluye imágenes históricas que se remontan a más de cuarenta años, se recopilan nuevas imágenes todos los días y además se generan productos específicos ya pre-calculados y listos para usar como los índices de vegetación NDVI, EVI y otros. Google Earth Engine también proporciona APIs en JavaScript y Python, así como otras herramientas para el análisis de grandes volúmenes de datos.

Google Earth es un software de escritorio que presenta un globo terráqueo virtual, que permite visualizar cartografía múltiple, con base en imágenes satelitales de distinta resolución y distintos grados de actualización, según la disponibilidad en el lugar de interés. Se complementa con una herramienta integrada denominada *Google Street View*, el cual es un servicio ofrecido por Google que permite transitar virtualmente por rutas y calles de diversos lugares del mundo. Google Street View ofrece vistas en 360° y permite recorrerla usando las flechas de navegación o el ratón. Este servicio también se encuentra habilitado en Google Maps.

Como soporte a la información geográfica, como así también para los datos no espaciales, se utilizará *PostgreSQL 9.6*, también conocido como Postgres, el cual es un sistema de gestión de bases de datos relacional orientado a objetos y de código abierto, publicado bajo la licencia PostgreSQL, similar a la BSD o la MIT.

IV.IV Plataforma Google Earth Engine

En la actualidad se vuelve esencial poder almacenar y manipular, la información generada diariamente, manteniendo estos datos de una manera organizada y accesible. Además del almacenamiento de datos, debe ser posible llamar y aplicar algoritmos a estos conjuntos de datos. En los últimos 20 años, la computación paralela ha sido la técnica más reconocida para almacenar y explorar petabytes de datos (Dean & Ghemawat, 2008; DeWitt & Stonebraker, 2008; Ghemawat, Gobiuff y Leung, 2003). Una arquitectura actual y ampliamente utilizada es la arquitectura MapReduce para procesamiento paralelo (Pavlo et al., 2009). Según lo discutido por Dean y Ghemawat (2008), se introdujo como una forma de procesar grandes volúmenes de datos, en paralelo en varias máquinas, las cuales procesan fragmentos de datos separados y el resultado final es una compilación de estos fragmentos. Es una técnica que ha sido utilizada por Google para manejar el denso tráfico de búsquedas web y se extendió a otras aplicaciones, como Google Earth y Google Maps.

Los beneficios de MapReduce han sido destacados por Ghemawat et al. (2003), Dean and Ghemawat (2008) y Pavlo et al. (2009), en comparación con otros sistemas paralelos de gestión de bases de datos y resaltan que la técnica MapReduce tiene una funcionalidad "simplificada" con funciones esencialmente importantes "Map" y "Reduce" (Figura 7). En la Arquitectura MapReduce los datos de entrada se descomponen en trozos más pequeños, a los cuales se aplica un reductor para cada uno de estos trozos, hasta que finalmente se vuelven a compilar para dar como resultado una salida como la suma de cada una de las partes.

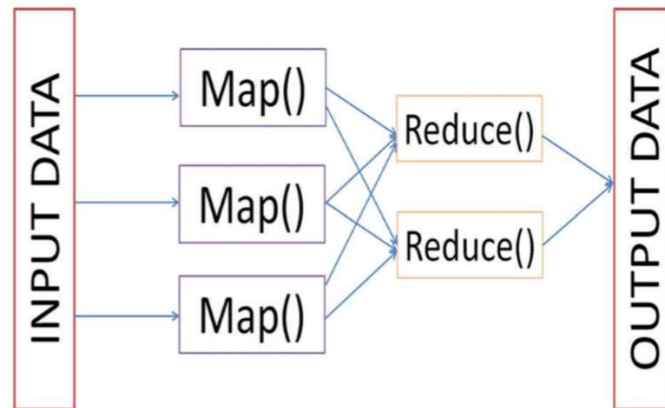


FIGURA 7: ARQUITECTURA MAPREDUCE (SIDHU ET AL. 2018)

Mediante el uso del Editor de código, disponible en línea en la dirección de internet: code.earthengine.google.com, se escriben los comandos que se envían como un objeto a GEE para procesarlos en paralelo, en su nube del *lado servidor*. Los usuarios pueden visualizar los resultados de GEE en el navegador *lado cliente*, incluidos objetos como mapas, tablas de datos, gráficos o resultados estadísticos. Usando su API, se pueden filtrar grandes colecciones de imágenes a fechas y áreas de interés, mapear algoritmos sobre colecciones de imágenes, aplicar algoritmos a imágenes individuales o colecciones de imágenes y calcular estadísticas agregadas a través del tiempo y el espacio sin tener que descargar ningún archivo en la computadora localmente.

IV.IV.I Catálogo de Datos GEE

Google Earth Engine combina un catálogo con petabytes de imágenes de satélite y conjuntos de datos geoespaciales y lo pone a disposición de científicos, investigadores y desarrolladores con el fin de detectar cambios, mapear tendencias y cuantificar diferencias en la superficie de la Tierra. Earth Engine aloja imágenes históricas terrestres desde hace más de cuarenta años. Las imágenes, recopiladas diariamente, se ponen a disposición del público para realizar minería de datos a escala global.

The Earth Engine Public Data Catalog

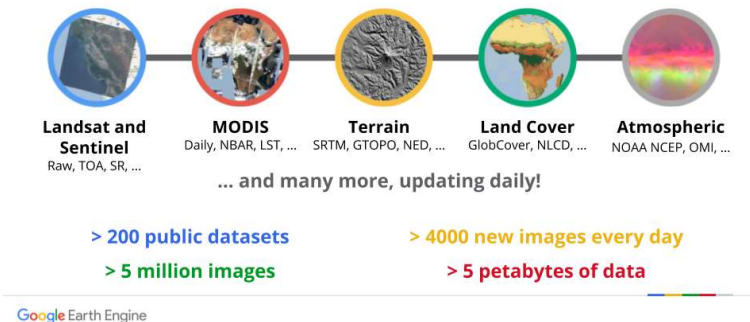


FIGURA 8: CATÁLOGO MASIVO DE DATOS PÚBLICOS EN LÍNEA GOOGLE EARTH ENGINE.

IV.IV.I.I Catálogo de Datos Landsat 5 y 8

Catálogo de Datos (DataSet) Landsat de *GEE* (GEE, Landsat), para las colecciones de imágenes Landsat del USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) ha optado por utilizar una estrategia basada en colecciones para producir escenas Landsat. El USGS produce datos en 3 categorías para cada sensor de los distintos satélites:

- Nivel 1 (T1): datos que cumplen con los requisitos de calidad geométrica y radiométrica.
- Nivel 2 (T2): datos que no cumplen con los requisitos del Nivel 1.
- Tiempo Real (RT): escenas recién adquiridas, que requieren un período de evaluación y ajuste de calibración después de la adquisición, pero se procesan inmediatamente en función de los coeficientes de calibración preliminares, se asignan al nivel RT temporal y se ponen a disposición para su descarga. Cuando la información de calibración definitiva está disponible, estas escenas se re-procesan, se asignan a la categoría apropiada de Nivel 1 o Nivel 2 y se eliminan del Nivel RT como designación temporal.

Cada una de estas colecciones contienen los datos raw, es decir información de escalado y luminosidad en el sensor. Además, para cada colección que contiene datos T1, también se brinda una colección TOA que contiene la reflectancia de tope de la atmósfera. (por ejemplo, la colección: LANDSAT / LC08 / C01 / T1_RT_TOA).

Las escenas sin procesar en el *GEE* contienen imágenes con números digitales (DN) que representan un valor de reflectancia escalada. La conversión de los DN al brillo del sensor es una transformación lineal que utiliza coeficientes almacenados en los metadatos de la escena (Chander et al. 2009). La conversión a la reflectancia TOA, es una transformación lineal que representa la elevación solar y la distancia estacional variable entre la Tierra y el Sol.

IV.IV.I.II Catálogo de Datos Sentinel-2

Las imágenes habituales de Sentinel 2 del instrumento multiespectral son proporcionadas por ESA - Agencia Espacial Europea como parte del programa de observación de la Tierra Copernicus bajo dos niveles:

- Reflectancia superficial (COPERNICUS_S2_SR): Reflectancia superficial corregida atmosféricamente ortorrectificada de Nivel 2A. ESA no generó datos L2 para todos los

ASSETS L1 y la cobertura anterior de L2 no es global. Los ASSETS contienen 12 bandas espectrales UINT16 que representan SR (Reflectancia superficial) escalado por 10000 (a diferencia de los datos de L1, no hay B10). Además, hay tres bandas QA presentes, donde una (QA60) es una banda de máscara de bits con información de máscara de nube.

- Reflectancia en la parte superior de la atmósfera (TOA) (COPERNICUS_S2): Reflectancia de la parte superior de la atmósfera ortorrectificada de Nivel 1C. Son las que, por defecto, se descargan o se muestran en múltiples plataformas. Los datos de Sentinel-2 contienen 13 bandas espectrales UINT16 que representan la reflectancia TOA escalada por 10000. Además, hay tres bandas QA presentes, donde una (QA60) es una banda de máscara de bits con información de máscara de nube.

La diferencia entre ambas imágenes es una corrección atmosférica para conseguir valores de píxel mejorados debido a la presencia de la atmósfera y de vapor de agua. En otras palabras, las imágenes de Sentinel 2 nivel 2A presentará colores mejorados frente a las de nivel 1C y valores de píxel más próximos a la realidad.

IV.V Método Propuesto

Los fundamentos teóricos en los cuales se basan la mayoría de los trabajos aplicados de Teledetección son desarrollados de forma sistematizada por autores como Chuvieco (2.008) y otros. Éstos proporcionan los contenidos conceptuales y procedimentales como también los principios y aplicaciones más comunes y recientes, derivadas del procesamiento digital de imágenes.

Esta propuesta metodológica se basa en una evaluación multi-temporal con Landsat a partir del año 1.999 hasta el año 2.019 y una evaluación única de las imágenes Sentinel-2 contra los resultados de Landsat en un solo período. Este proceso de detección de cambios conlleva la selección, mejora y realces, clasificación de las imágenes, la generación de máscaras y la comparación de resultados (Chuvieco, 2.008).

IV.V.I Clasificación no Supervisada

Para este punto se aplicará el conocimiento generado y se propone realizar una clasificación digital, la cual se dirige a obtener una nueva imagen, en la cual cada uno de los píxeles originales viene definido por un nivel digital (ND), que es el identificador de la clase en donde se haya incluido (Chuvieco, 2.008). Estas clases pueden contener distintos tipos de cubierta o bien intervalos de una misma categoría de interés.

IV.V.I.I Clasificación digital de imágenes satelitales

La clasificación digital es un proceso que implica la transformación de los niveles digitales de radiancia (ND) de la imagen satelital original en categorías. Es el proceso de desarrollar mapas interpretados de imágenes de sensores remotos (Eastman, 2.003), la clasificación es el aspecto más importante del procesamiento de imágenes para SIG (Chuvieco, 2.008), por su parte, afirma que como fruto de la clasificación digital, se obtiene una cartografía

e inventario de las categorías objeto de estudio, señalando además que la imagen multibanda se convierte en otra imagen del mismo tamaño y características de las originales, con la importante diferencia de que el ND que define cada píxel no tiene relación con la radiancia detectada por el sensor, sino que se trata de una etiqueta que identifica la categoría asignada a ese píxel. Según Chuvieco (2.008) sobre esta nueva imagen no pueden aplicarse ciertas operaciones estadísticas a una imagen clasificada, ya que, pese a ser digital, no está medida en una escala cuantitativa, sino generalmente cualitativa.

IV.V.I.II Métodos empleados en la clasificación digital de imágenes satelitales

Para la clasificación de imágenes satelitales existen dos métodos: los Supervisados y los No Supervisados. Para la realización de este trabajo se utilizó el Método **No Supervisado** (Chuvieco, 2008) el cual define clases espectrales presentes en la imagen; no implica ningún conocimiento del área de estudio, por lo que la intervención humana se centra más en la interpretación que en la consecución de los resultados. Para (Eastman, 2.003), este enfoque busca descubrir las principales clases de coberturas terrestres que existen en la imagen sin conocimiento previo de lo que puede ser. Genéricamente, tales procedimientos se hallan en el campo del análisis de agrupamiento (o clústeres) porque éstos buscan grupos de píxeles con características de reflectancias similares en una imagen multibanda.

Dentro de la plataforma GEE el paquete de software que se encarga de esta tarea es el denominado **ee.Clusterer** (GEE, Clustering) en el cual los algoritmos que contiene se basan en los definidos en el software Weka (WEKA, Alg).

Los clústeres se usan de la misma manera que los clasificadores en GEE y el flujo de trabajo general es:

- Determinar entidades con propiedades numéricas en las que encontrar clústeres.
- Instanciar un clúster y establecer sus parámetros, si es necesario.
- Entrenar al clúster usando los datos de entrenamiento.
- Aplicar el procedimiento a una colección de imágenes o características.
- Etiquetar los clústeres.

En GEE, tanto los modelos de aprendizaje **supervisados** como **no supervisados** se entrenan utilizando un conjunto de datos de entrenamiento, pero las características de los datos de entrenamiento difieren en su forma. Los modelos de aprendizaje **no supervisados** solo requieren datos de entrenamiento no etiquetados. Estos modelos se entrenan usando **ee.Cluster.train()**, configurando los argumentos `features` e `inputProperties` para especificar los datos de entrenamiento **no etiquetados**. A modo de diferenciación los modelos de aprendizaje **supervisados** requieren datos de entrenamiento **etiquetados**.

Uno de los algoritmos de aprendizaje no supervisados más simples que resuelven el conocido problema de agrupamiento es el denominado **K-means** (Macqueen, 1.967). Es un método de análisis de conglomerados que tiene como objetivo dividir **n** observaciones en **k** conglomerados en los que cada observación pertenece al conglomerado con la media más cercana. Esto da como resultado una partición del espacio de datos en celdas. (Litoriya, 2.012)

Existe una variante del algoritmo anterior denominada **Fast k-means** o **k-means ++**, el cual se basa en la idea de utilizar un "procedimiento de semilla" más sofisticado para la elección inicial de las posiciones centrales, mientras que **k-means** estándar utiliza una distribución aleatoria para estas posiciones. Posteriormente, el algoritmo **k-means** habitual se ejecuta en esta configuración de inicio mejorada. (Arthur, 2.007)

Para esta clasificación se eligió el algoritmo **ee.Clusterer.wekaKMeans** (wekaKMeans) al ser uno de los más eficientes y comúnmente utilizados, con la cantidad de 20 clústeres y solamente con las bandas originales de cada imagen sin incluir el índice NDVI.

Parámetros modificados del método:

- **nClusters**(tipo entero): número de clúster.
- **init** (tipo entero, valor por defecto: 0): Método de inicialización utilizado 0 = random o aleatorio. Posibles valores:
 - 0 = random o aleatorio,
 - 1 = k-means++,
 - 2 = canopy,
 - 3 = farthest first.
- **distanceFunction** (Cadena, valor por defecto:"Euclidean") Función de distancia a usar en el proceso. Las opciones son: Euclidean y Manhattan.

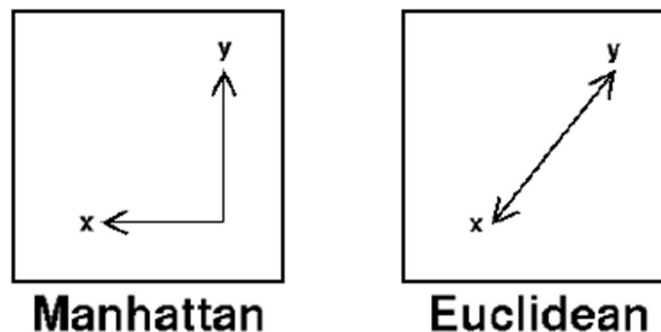


FIGURA 9: FUNCIONES DE DISTANCIA: EUCLIDEAN Y MANHATTAN.(IEEE, 2.016)

IV.V.II Manipulación y análisis de los datos

PostgreSQL es un sistema administrador de base de datos objeto-relacional de código abierto, nacido a partir del proyecto Postgres, e iniciado en 1986 en la Universidad de California en Berkeley. En 1995 se incorporó el soporte para SQL y se liberó su código fuente en la Web <http://www.postgresql.org>. Desde entonces un grupo de desarrolladores lo mantienen y perfeccionan bajo el nombre de PostgreSQL.

Uno de los puntos fuertes de este SGBD es su potencial de extensibilidad, lo que permitió el desarrollo de una extensión geográfica llamada PostGIS, también de código abierto, desarrollada por la empresa canadiense Refrations Research Inc., que aún hoy mantiene el equipo de desarrollo sobre el proyecto. Los objetos SIG soportados por PostGIS son una colección de "Simple Features" definidas por el OpenGIS Consortium (OGC).

A partir de la versión 0.9, PostGIS soporta todos los objetos y funciones de la especificación "Simple Features for SQL" del OGC. (Postgis, 2.011)

IV.V.II.I OpenGIS - Simple Features Specification for SQL

Desde hace tiempo han ido surgiendo iniciativas que pretenden estandarizar la información geográfica y los formatos de almacenamiento, esto ha reunido a empresas de renombre e instituciones académicas en un consorcio conocido como OGC (Open Geospatial Consortium). Este consorcio ha emitido recomendaciones en cuanto al uso y estandarización de información geográfica.

La especificación del OGC tiene como propósito definir un esquema SQL estándar que soporte el almacenamiento, recuperación, consulta y actualización de colecciones de características geo-espaciales simples. (OGC SFS, 2010)

Una característica simple definida por la especificación puede tener atributos espaciales y no espaciales. Los atributos espaciales contienen información que puede ser representada en forma gráfica, mientras que los atributos no espaciales representan información que describe los atributos espaciales.

Las colecciones de características geo-espaciales simples son conceptualmente almacenadas en un esquema de columnas y filas en tablas de un RDBMS. La especificación define el término "tipos geométricos SQL92" para referirse al SQL extendido con un conjunto de tipos geométricos. En resumen, esta especificación describe un conjunto estándar de tipos geométricos SQL basados en el modelo de objetos geométricos OGC, junto con funciones SQL.

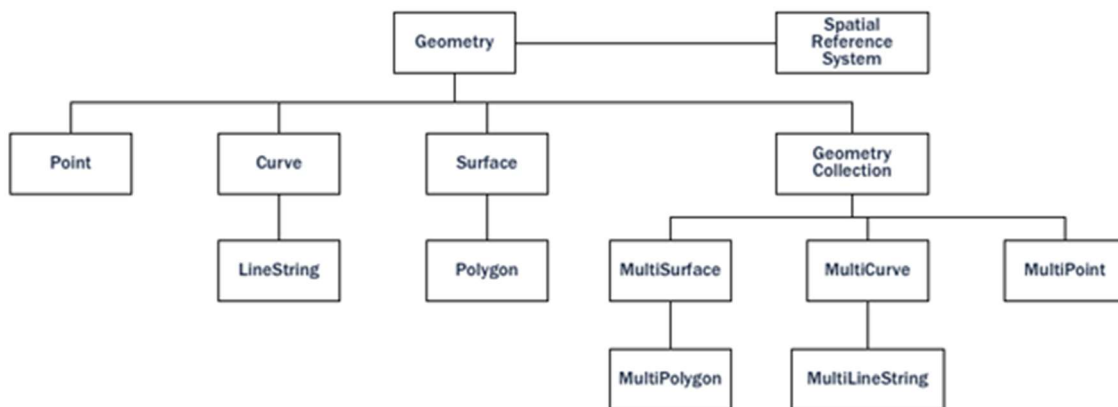


FIGURA 10: JERARQUÍA DE GEOMETRÍAS EN POSTGIS. (POSTGIS, 2.011)

CAPÍTULO V: DESARROLLO DEL PROTOCOLO Y RESULTADOS.

V.I Desarrollo General del protocolo

En esta instancia se emplearon técnicas de análisis territorial basadas en el procesamiento digital de imágenes satelitales apoyadas en el uso de SIG y la interpretación de imágenes satelitales con el objetivo de constatar el avance y cambios en la zona de interés analizada anteriormente y de esta manera obtener un panorama más completo respecto a la evolución y el impacto en la actividad forestal. Para el procesamiento de imágenes satelitales se utilizaron como se dijo anteriormente las de los satélites Landsat 5, Landsat 8 y Sentinel 2 en los periodos de invierno y de verano correspondiente a los años 1.999, 2.001, 2.017 y 2.019. En este trabajo se observó un poco como guía, por ejemplo, la metodología empleada en el Manual de Teledetección del Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos del año 2.004 respecto a los procedimientos de Teledetección (Nativo, 2.004), para lo cual se consideraron cuatro de las operaciones allí ejecutadas:

Pre-procesamiento, etapa en la que se realizan los tratamientos de preparación y/o selección de las imágenes satelitales.

Procesamiento, dado que una imagen satelital es una matriz de celdas numéricas y por lo tanto cada celda almacena un valor que representa el nivel de radiación reflejado por los elementos que el sensor del satélite capta en su recorrido. En pantalla, la imagen se visualiza en colores grises, por lo que es necesario aplicar procesos que tiendan a mejorar su visualización y así permitan identificar las plantaciones de pino y de eucalipto introducidas en la región. Para la identificación de estas plantaciones, recordando que se trata de vegetación perenne, se emplea la combinación denominada infrarrojo color convencional. Atendiendo a (Chuvienco, 2.008) la vegetación más vigorosa ofrece una elevada reflectividad en el infrarrojo cercano, hecho que se produce por la escasa absorción de energía que tiene la vegetación en esta banda.

Extracción de la información, como método de análisis de la información se utiliza el método visual. Este método se apoya en la lectura interpretativa de elementos y fenómenos que son posibles de identificar a partir de los ya descritos procesos de mejoras en la calidad visual de la imagen.

Y un *análisis de exactitud y precisión* que se realizará en una etapa posterior con datos de imágenes satelitales de mayor resolución, junto con street View de Google y también en un relevamiento de puntos en campo, que ayuden a identificar las clases más dudosas.

Para una mejor interpretación se lo definió en fases de trabajo, las cuales se muestran en la figura siguiente:

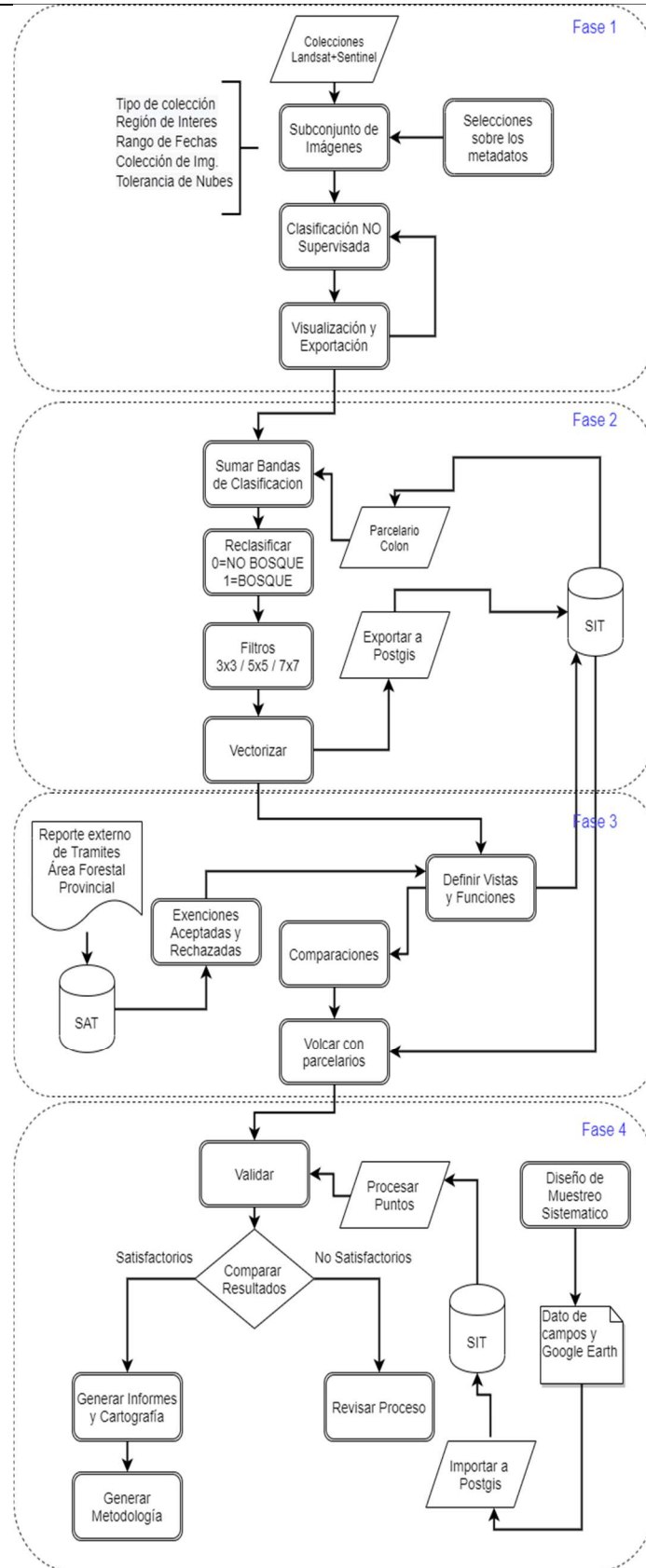


FIGURA 11: ETAPAS DE TRABAJO PROPUESTAS.

V.II Etapas de trabajo

Fase 1: Procesamiento con la plataforma GEE.

La interfaz más común de trabajo de GEE es su editor de código, desde donde se puede programar scripts de procesos, llamando a colecciones de datos para extraer la información, visualizarla, analizarla y descargarla. Mediante este IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) basado en la web, accesible desde code.earthengine.google.com permite acceder a códigos fuentes JavaScript a través de una API de GEE. El editor de código tiene los siguientes componentes:

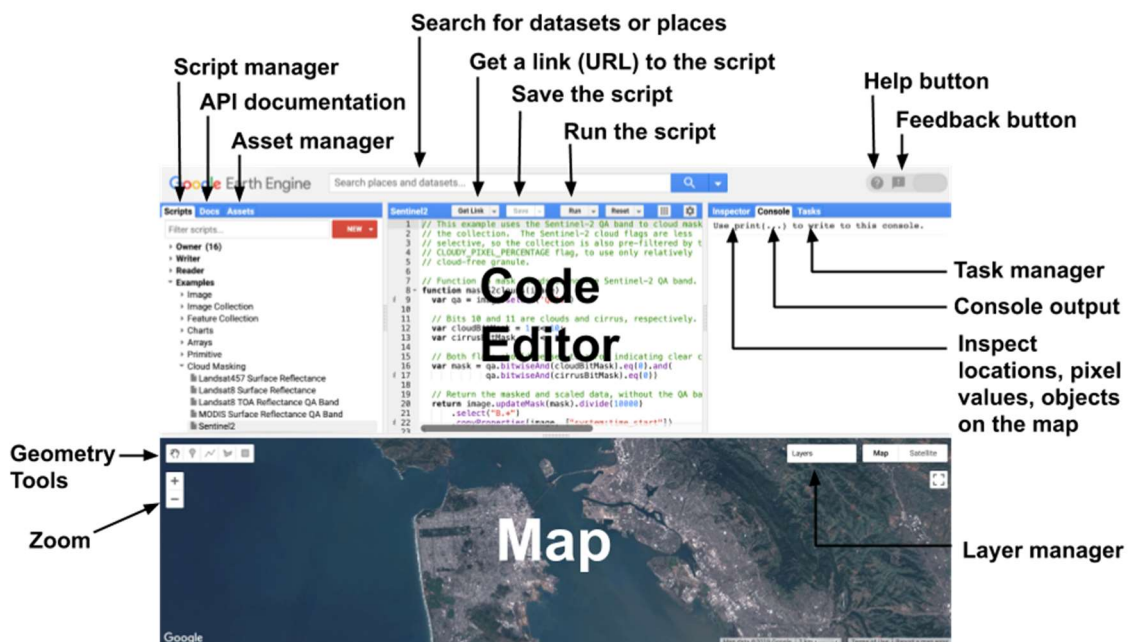


FIGURA 12: DIAGRAMA DE COMPONENTES DEL EDITOR DE CÓDIGO DE EARTH ENGINE EN CODE.EARTHENGINE.GOOGLE.COM (GEE, EDITOR)

Esta plataforma se utilizará para la primera etapa del proceso, para la clasificación no supervisada de las colecciones de imágenes.

1. El proceso general se compone de dos scripts básicos:

- a. *01_prueba_b2_2018_wekalnit.js*: Script encargado de definir los parámetros globales para llamar a una función definida en el punto siguiente, mediante la cual se pueden encapsular distintos valores mapeados como:
 - i. Una forma geométrica definiendo un área de interés, como un distrito para este caso.
 - ii. Porcentaje de nubosidad tolerable dentro del área de interés.
 - iii. Puntos de Forestación visibles e identificables.
 - iv. Opciones de Visualización de imágenes de Soporte, por fecha y por tipo.

- v. Parámetros para la clasificación.
- vi. Otros parámetros generales.
- b. *bosque_artificial_v0.2b_wekaInit.js*: Script mediante el cual a partir de una geometría se procede a ejecutar todo el proceso completo de clasificación para una región de interés, recibiendo los parámetros del script anterior. Se obtienen:
 - i. Clústeres de clasificación según la cantidad de clases.
 - ii. Imágenes del proceso.
 - iii. Listado de Imágenes del proceso.
- c. Otros scripts auxiliares para el correcto funcionamiento del proceso:
 - i. *nubes_v0.1.js* a través del mismo se obtiene el listado de las imágenes L5 y L8 que cumplen la condición de nubosidad baja.
 - ii. *verificaColeccionesImágenes_2007.js* y *verificaColeccionesImágenes_se.js* Aplicadas a las colecciones de imágenes L5 y L8; y Sentinel 2 es utilizada para controlar que las colecciones de imágenes sean válidas.

Dicho proceso se detalla a continuación:

2. Obtención de imágenes de las respectivas fuentes de datos, para ello se utilizan en este trabajo las siguientes colecciones de imágenes:
 - a. LANDSAT/LT05/C01/T1_TOA: Landsat 5 TM Collection 1 Nivel 1 calibrado en tope de la atmósfera (TOA) reflectancia. Los coeficientes de calibración se extraen de los metadatos de la imagen.
 - b. LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA: Landsat 8 Collection 1 Nivel 1 calibrado en tope de la atmósfera (TOA) reflectancia. Los coeficientes de calibración se extraen de los metadatos de la imagen.
 - c. COPERNICUS/S2: MultiSpectral Instrument, Level-1C calibrado en tope de la atmósfera (TOA) reflectancia.

Dentro de la plataforma *GEE*, el objeto que se utiliza para representar las colecciones de imágenes es un ***ee.ImageCollection***.

```
/* Defino las colecciones de imágenes a utilizar*/  
var landsat8 = 'LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA';  
var landsat5 = 'LANDSAT/LT05/C01/T1_TOA';
```

En este caso se selecciona un producto y luego se lo filtra según las necesidades particulares, como el intervalo de tiempo y el área de interés, ya que las colecciones generalmente son de alcance global y por lo tanto se disponen largas series temporales, las cuales hacen de un volumen de información muy grande, con la dificultad que conlleva debido a la manipulación de los datos y luego con los tiempos de procesamiento.

- A partir de la colección de imágenes se pueden aplicar diferentes filtros y selecciones.
- Los filtros, sobre las colecciones son sobre los metadatos, valores de la imagen o geometrías.
 - Las selecciones aplican sobre las bandas, que componen la imagen.

Comenzamos definiendo un área de trabajo la cual hay que cargarla en la plataforma de Google así está disponible. Se lo puede hacer de diferentes maneras:

- Subir un archivo shapefile directamente importando como asset (o recurso), lo cual permite cargar un archivo vectorial como límite del área de interés, a partir de un **ee.FeatureCollection**. Esta es la forma más sencilla de filtrar una zona irregular sin tener que identificar las Path (rutas) y Rows (filas) de los mosaicos de imágenes de satélite.
- Una tabla de **Google Fusion Tables** existente o crear una propia desde un archivo KML en WGS84. Cada tabla de fusión tiene un ID único (*Archivo> Acerca de esta tabla*) que se puede usar para cargarlo en GEE. Este método quedó obsoleto a partir de diciembre de 2019.

Se utiliza el primer método.

```

// Variables
// ++++++

// Nombre del distrito a procesar
var p_distritoProcesa = 'distrito_primeros';
//Cargo la region
var region = ee.FeatureCollection("users/lmbrambilla/mgeo/"+p_distritoProcesa);

```

3. El filtrado de una colección de Imágenes (**ee.ImageCollection**), devuelve una colección de imágenes compuesta por cada una de las imágenes que satisfacen los siguientes criterios de búsqueda:
 - a. Tipo de colección de imágenes.
 - b. Rango de fechas, considerando las fechas desde – hasta.
 - c. Región de interés o Área de Estudio.
 - d. Cálculo de la tolerancia de nubes sobre las imágenes según parámetro calculado en base al algoritmo **CloudScore** (GEE, CloudScore), pero modificado y adaptado como procedimiento para uso de este proyecto, el cual consiste en puntuar o calificar los píxeles de la imagen Landsat por su relativa nubosidad.

```

/*****
/* Crea una collection de imágenes sin nubes para una época X pasada como parámetro
*
* collection - collection de imágenes.
* start - Fecha de la primer imagen (string o ee.Date)
* ended - Fecha de la primer imagen (tring o ee.Date)
*
* geometria - El ROI o Region de Interes.
* tolerancia - tolerancia de nubes de 0 - 100. Valores cercanos a 0, menos nube.
*/

exports.sinCloudiness = function(collection, start, ended, geometria, tolerancia) {

  var originalStartDate = ee.Date(start);
  var originalEndDate = ee.Date(ended);
  var ic = ee.ImageCollection(collection)
    .filterDate(originalStartDate, originalEndDate);
  var c = ic.filterBounds(geometria);

  var withCloudiness = c.map(function(image) {
    var cloud = ee.Algorithms.Landsat.simpleCloudScore(image).select('cloud');

```

```

        var cloudiness = cloud.reduceRegion({
            reducer: 'mean',
            geometry: geometria,
            scale: 30,
        });
        return image.set(cloudiness).clip(geometria);
    });
    var filteredCollection = withCloudiness.filter(ee.Filter.lt('cloud', tolerancia));
    return filteredCollection;
};

```

Búsqueda específica de un grupo de imágenes, en este caso para las estaciones de verano e invierno del año 1.999:

```

// ++++++ //
// Programa - Parte 1: Busca las diferentes colecciones
// para cada año 1999 y 2001 L5 y 2017 L8, ambas TOA y con
// baja nubosidad para la ROI.
// Luego se calcula la Mediana para reducir el grupo de imágenes
// ++++++ //

// *1999*/
//
//*****
***/
//Verano 1999 L5
// *****
var resultVerL5_1999 = cloudiness.sinCloudiness(landsat5, '1999-01-01', '1999-03-30',
region, toleranciaL5);
// Calcular la mediana sobre la coleccion.
var medianVerL5_1999 = resultVerL5_1999.median();

//Invierno 1999 L5
// *****
var resultInvL5_1999 = cloudiness.sinCloudiness(landsat5, '1999-07-01', '1999-09-30',
region, toleranciaL5);
// Compute a median image
var medianInvL5_1999 = resultInvL5_1999.median();

```

- Funciones de mapeo para visualización de la información, para así poder tener una aproximación y efectuar una interpretación visual. Composición de las bandas en 4-3-2 y 5-6-3 (Landsat 5 TM / Landsat 8 OLI) o equivalente para otros sistemas de sensores). FCCS (Falso Color Compuesto Estándar)

```

// ++++++ //
// Programa - Parte 3: Se procede a Generar un Mosaico
// Multitemporal 1999 2001 y 2017 para clasificación
// ++++++ //
//Mosaico Multitemporal 1999
// Get the number of images.
var count = resultVerL5_1999.size().getInfo();
//var MosaicoClasif_99 =
medianVerL5_1999.select('B1','B2','B3','B4','B5','B6','B7','NDVI');
var MosaicoClasif_99M =
medianVerL5_1999.select('B1','B2','B3','B4','B5','B6','B7','NDVI');
var MosaicoClasif_99 = medianVerL5_1999.select('NDVI');
//var MosaicoClasif_07_1999 = medianVerL5_1999.select('NDVI');

if (resultInvL5_1999.size() > 0)
{
    MosaicoClasif_99M =
MosaicoClasif_99M.addBands(medianInvL5_1999.select('B1','B2','B3','B4','B5','B6','B7','NDVI'));
    MosaicoClasif_99 = MosaicoClasif_99.addBands(medianInvL5_1999.select('NDVI'));
}

```

```
//MosaicoClasif_07_1999
MosaicoClasif_07_1999.addBands(medianInvL5_1999.select('NDVI'));
};
```

5. La identificación de las plantaciones forestales se realiza en base a técnicas de interpretación visual, considerando el tono, la textura y los distintos patrones de reconocimiento del paisaje (Navone et al. 2003) que describen el recurso existente y la historia de uso de los mismos, dentro de la escena de trabajo. Se utilizan a tal fin, imágenes satelitales ópticas captadas por los satélites LANDSAT 5/8, Sentinel 2 o alta resolución de GEE, para la discriminación visual de las coberturas. En este paso se le tiene que indicar al proceso puntos con las diferentes coberturas de interés para cada uno de los años, ayudándose con la visualización de los clústeres de la clasificación, para no caer en interpretaciones erróneas. De ser necesario se puede correr varias veces el proceso, re configurando los parámetros de los puntos anteriores.

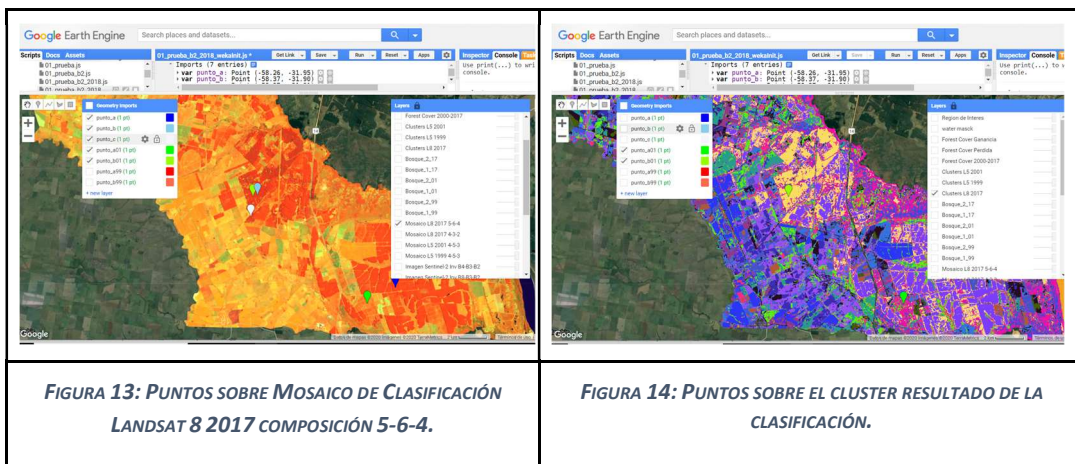


FIGURA 13: PUNTOS SOBRE MOSAICO DE CLASIFICACIÓN LANDSAT 8 2017 COMPOSICIÓN 5-6-4.

FIGURA 14: PUNTOS SOBRE EL CLUSTER RESULTADO DE LA CLASIFICACIÓN.

6. Una vez ingresados los puntos indicadores se procede a la Clasificación no supervisada, para lo cual por lo explicado anteriormente, es que para este trabajo el método de clasificación se eligió el algoritmo *ee.Clusterer.wekaKMeans* (wekaKMeans) al ser uno de los más eficientes y comúnmente utilizados, con la cantidad de 20 clústeres y solamente con las bandas originales de cada.

Parámetros modificados del método:

- pNumClusters (tipo entero): Se utilizó un valor de 20.
- pNumInit (tipo entero). Se utilizó un valor 2 = canopy.
- vdistanceFunction (Cadena, valor por defecto:"Euclidean"). Se utilizó Manhattan.

```

// ++++++ //
// Programa - Parte 4: Clasificación
// ++++++ //

// *****/
// * 1999 */
// *****/
// Construir el conjunto de datos de entrenamiento.
var trainingMos99 = MosaicoClasif_99.sample({
  region: region,
  scale: 30,
  numPixels: numPixelTraining,
  seed: 10,
  tileSize : 2
});

// Instanciar el cluster y entrenarlo
var clustererMos99 = ee.Clusterer.wekaKMeans(pNumClusters,1).train(trainingMos99);

// Agrupar las entradas usando el clusterer entrenado.
var result99 = MosaicoClasif_99.cluster(clustererMos99);

*****
// ++++++ //
// Programa - Parte 5: Aplicar las máscaras a los
// clusters resultantes
// ++++++ //

// Extraer los datos del Punto a pasado para obtener los valores
// de los clusters

if (p_clasif)
{
//Tipo bosque 3

  if (numeroPts>=3)
  {
/*2001*/
/*punto_a01*/
    var punto_A01 = p_Bosque.geometries().get(2);

    var data01Pa01 = result01.select("cluster")
      .reduceRegion(ee.Reducer.first(),punto A01,10)
      .get("cluster");

    // Convertir a numero
    var n_data01Pa01 = ee.Number(data01Pa01);

    print('punto_A01',n_data01Pa01);
    //Bosque 1_01
    var classified_correctPa01 = result01;
    //Aplicación de Máscaras de agua y de Plantas Urbanas
    var classified_correctPa01 = classified_correctPa01
classified_correctPa01.where(water3.eq(1),99); //.where(limImage.eq(1),99);

    var clase1_Pa01 = classified_correctPa01.eq(n_data01Pa01);
    var classified_correct_Pa01_1 = classified_correctPa01.mask(clase1_Pa01);

/*punto_B01*/

    var punto_B01 = p_Bosque.geometries().get(3);

    var data01Pb01 = result01.select("cluster")
      .reduceRegion(ee.Reducer.first(),punto_B01,10)
      .get("cluster");

    // Convertir a numero
    var n_data01PB01 = ee.Number(data01Pb01);

    print('punto_B01',n_data01PB01);

    //Bosque 2_01
    var classified_correctPb01 = result01;
    //Aplicación de Máscaras de agua
    var classified_correctPb01 = classified_correctPb01.where(water3.eq(1),99);

    var clase1_Pb01 = classified_correctPb01.eq(n_data01PB01);
    var classified_correct_Pb01_1 = classified_correctPb01.mask(clase1_Pb01);

```

7. Exportando datos como tablas:

Una de las formas más comunes y útiles de realizar las extracciones de datos y resultados de la plataforma GEE es mediante la exportación de tablas como archivos tabulares. De esta manera se cuenta con la ventaja de tener las descargas de datos como parte del programa y cuantas veces sea necesario. Las exportaciones de tablas también requieren mucho menos poder de cómputo, que exportar una imagen completa, lo cual es conveniente, siempre que sea posible, mantener la información ráster en la nube y simplemente extraer los datos necesarios como una matriz o tabla.

Comando para realizar esta tarea:

```
Export.table.toDrive(nombre, nombre_salida);
```

Ejemplo de salida con el listado de las imágenes utilizadas en cada periodo estacional y por cada año:

```
// Segun parametro si EXPORTO los resultados
// de las imagenes utilizadas para la clasificación

if (p exportar)
{
  var coleVerL8 = cloudiness.getCol2Drive(resultVerL8);
  Export.table.toDrive(coleVerL8, p_distritoProcesa+'-Col-VerL8');
  var coleInvL8 = cloudiness.getCol2Drive(resultInvL8);
  Export.table.toDrive(coleInvL8, p_distritoProcesa+'-Col-InvL8');

  var coleVerL5_2001 = cloudiness.getCol2Drive(resultVerL5_2001);
  Export.table.toDrive(coleVerL5_2001, p_distritoProcesa+'-Col-VerL5_2001');
  var coleInvL5_2001 = cloudiness.getCol2Drive(resultInvL5_2001);
  Export.table.toDrive(coleInvL5_2001, p_distritoProcesa+'-Col-InvL5_2001');

  var coleVerL5_1999 = cloudiness.getCol2Drive(resultVerL5_1999);
  Export.table.toDrive(coleVerL5_1999, p_distritoProcesa+'-Col-VerL5_1999');
  var coleInvL5_1999 = cloudiness.getCol2Drive(resultInvL5_1999);
  Export.table.toDrive(coleInvL5_1999, p_distritoProcesa+'-Col-InvL5_1999');
};
```

8. Exportando Imágenes a Google Drive:

Otro de los productos que se pueden exportar como resultados de los procesos es mediante imágenes geoTiff a la carpeta de Assets de GEE para su uso posterior dentro de GEE ó a bien a una cuenta de usuario vinculada de *Google Drive* o *Google Cloud Storage*.

En el API de JavaScript, todas las exportaciones se envían a la pestaña "Tareas" (Tasks) en el panel superior derecho. Cada una de estas tareas se deben ejecutar explícitamente como tarea de exportación individual. Se pueden cambiar los nombres de archivo y otros parámetros si es necesario.

```
//Exporto los distintos productos al DRIVE de la cuenta asociada de Google
Export.image.toDrive({image:region_BA99,
  description: 'region_BA99',
  region: region.geometry().bounds(),
  scale: 30,
  maxPixels: 1e12});
```

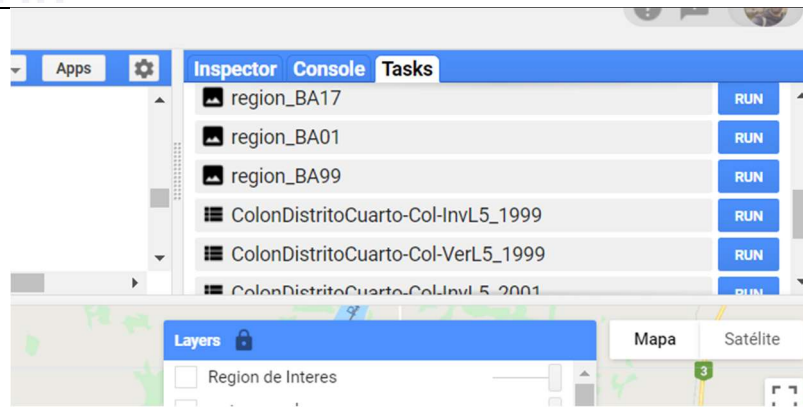


FIGURA 15: EXPORTACIÓN DE DATOS DE GEE, SE PUEDEN OBSERVAR TRABAJOS CON SALIDAS DE ARCHIVOS DE DATOS Y TAMBIÉN DE IMÁGENES.

Fase 2: Procesamiento con Qgis - Realces y mejoras - Landsat 5 / 8 y Sentinel 2.

Con GEE en la fase anterior, se realizó un análisis completo de las imágenes, pero sin embargo, se debieron exportar los resultados para trabajar con ellos en otros softwares más específicos como QGIS y Grass, y así continuar con el proceso:

- Desde la aplicación QGIS Desktop, se procede a cargar las imágenes exportadas del GEE, tanto los mosaicos utilizados para la clasificación, como las clasificaciones propiamente dichas, así de esta manera se obtienen imágenes tiff para cada fecha de estudio, por ejemplo, para el año 2001:

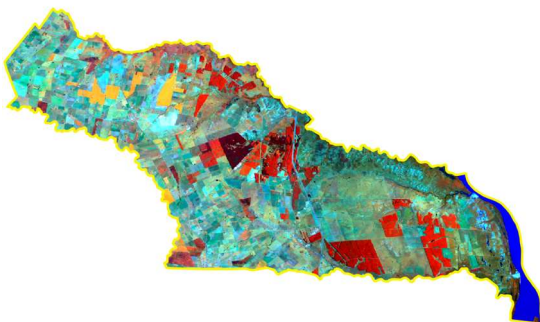


FIGURA 16: MOSAICO COLÓN FCC 453 - DISTRITO CUARTO - LANDSAT 5 - 2001

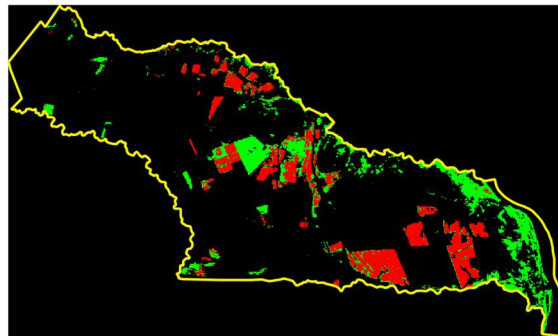


FIGURA 17: COLÓN - DISTRITO CUARTO - RESULTADO DE CLASIFICACIÓN 2 CLASES CON LANDSAT 5 - 2001

- Paso siguiente es convertir cada una de las imágenes de los resultados de la clasificación, que actualmente están como un 1 archivo de imagen con 2 bandas o multibanda, una para el clúster resultado de la Clase 1 y otra para el resultado de la Clase 2 de bosque artificial. Para ello utilizaremos la calculadora ráster de QGIS:

Fórmula aplicada: `"region_BA01@1" + "region_BA01@2"`

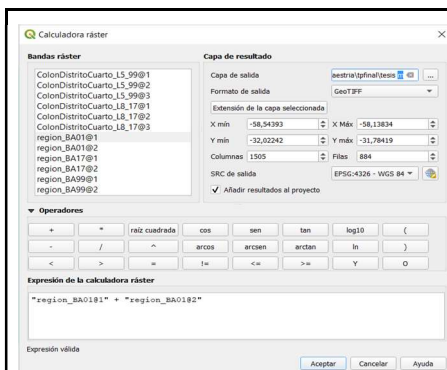


FIGURA 18: OPCIÓN RÁSTER ► CALCULADORA RÁSTER PERMITE REALIZAR CÁLCULOS SOBRE LA BASE DE VALORES DE PÍXELES DE UN RÁSTER EXISTENTE.

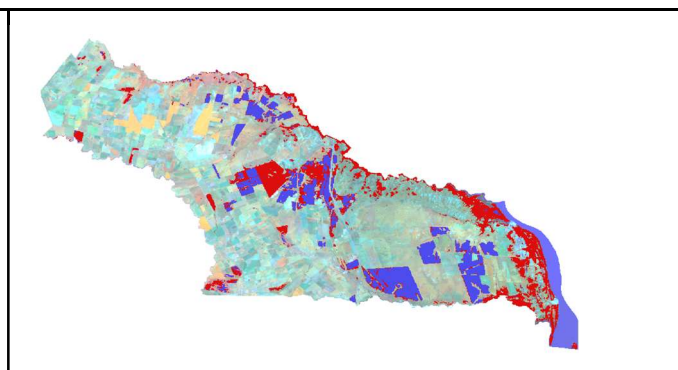


FIGURA 19: RESULTADO ARCHIVO: REGION_BA01_COMP.TIF SUPERPUESTO CON EL MOSAICO COLÓN FCC 453.

Hacemos el mismo proceso para obtener a partir de las 3 imágenes multibanda de cada fecha, las 3 imágenes simples.

- Luego debemos extraer la máscara en la que indicaremos los píxeles a los cuales deseamos reclasificar o modificar su valor. Para ello seteamos los siguientes parámetros:

```

0 = 0 NO BOSQUE
1 thru 19 = 1 BOSQUE
    
```

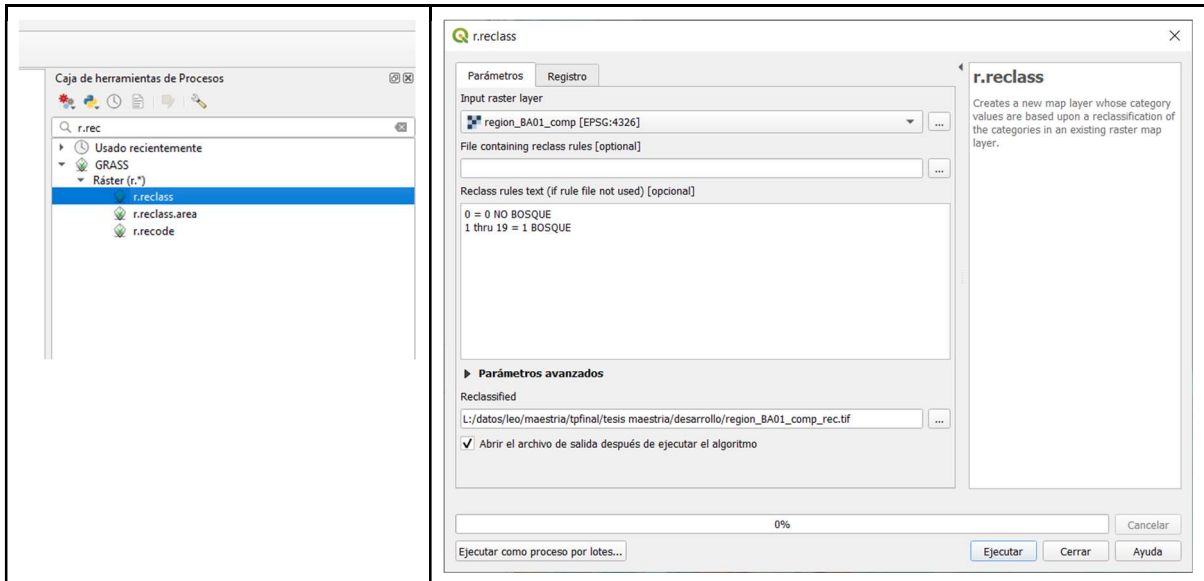


FIGURA 20: CLICAMOS EN CAJA DE HERRAMIENTAS DE PROCESOS ► R.RECLASS

FIGURA 21: VENTANA CON OPCIONES DEL MÓDULO R.RECLASS

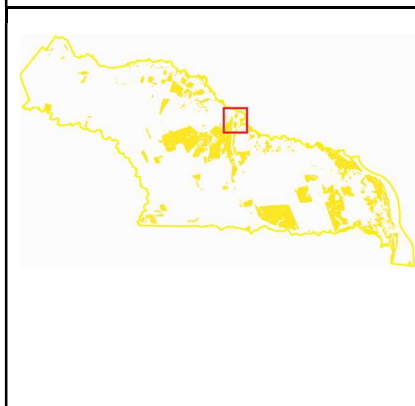


FIGURA 22: RESULTADO DEL PROCESO R.RECLASS - REGION_BA17_WEKAINIT_20_2_MANHATAN_SUM_REC.TIF



FIGURA 23: RESULTADO DEL PROCESO R.RECLASS - AMPLIADO

4. Paso siguiente, es aplicar un filtro de 3x3 para eliminar el ruido del resultado de la clasificación en bruto, para ello lo hacemos desde QGIS, mediante la caja de herramientas de GRASS a través de un filtro mayoritario el cual se puede calcular con el comando *r.neighbors*, con el estadístico *moda*.

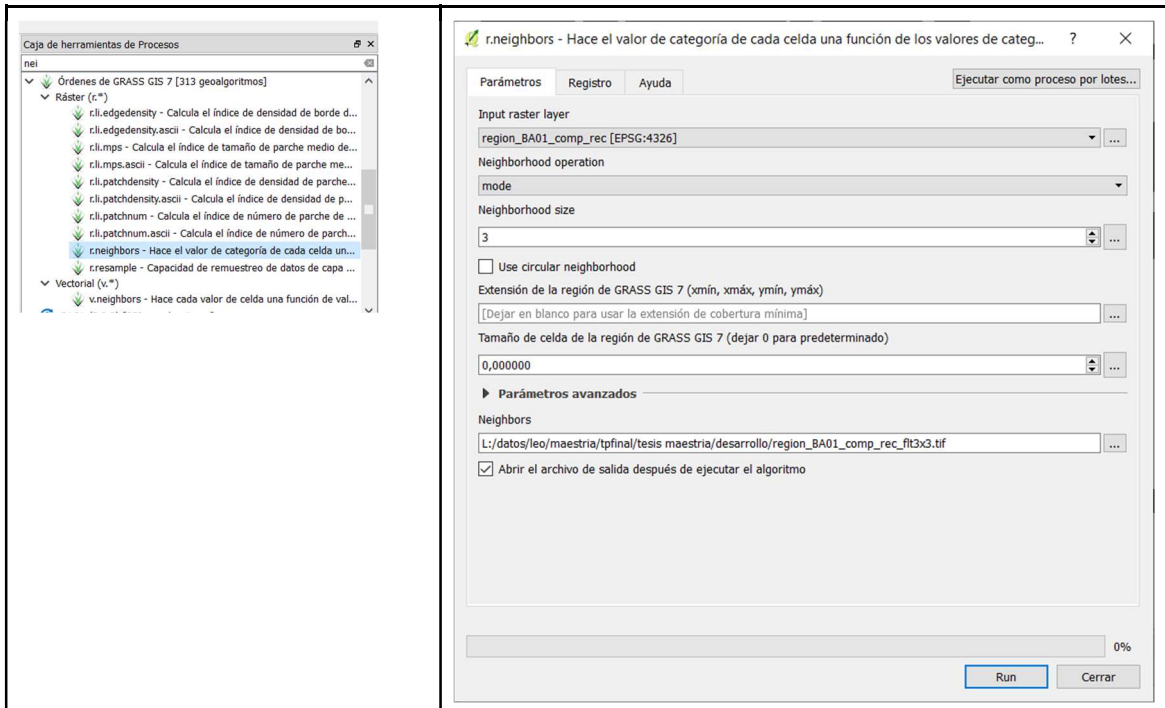


FIGURA 24: ACCEDEMOS MEDIANTE LA CAJA DE HERRAMIENTAS DE PROCESOS ► R.NEIGHBORS

FIGURA 25: VENTANA CON OPCIONES DEL MÓDULO R.NEIGHBORS

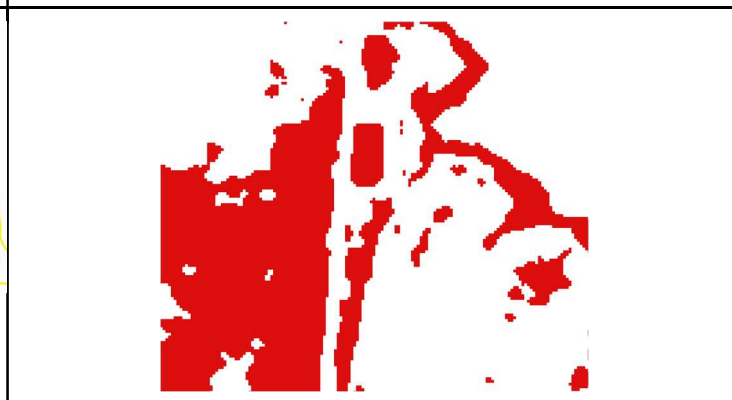
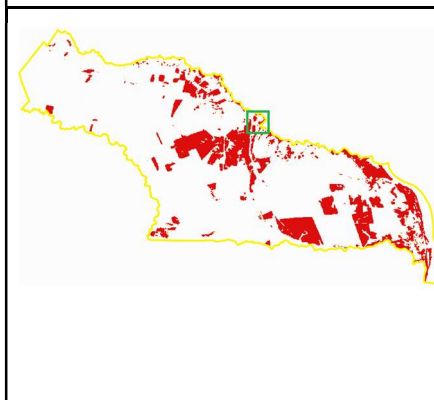
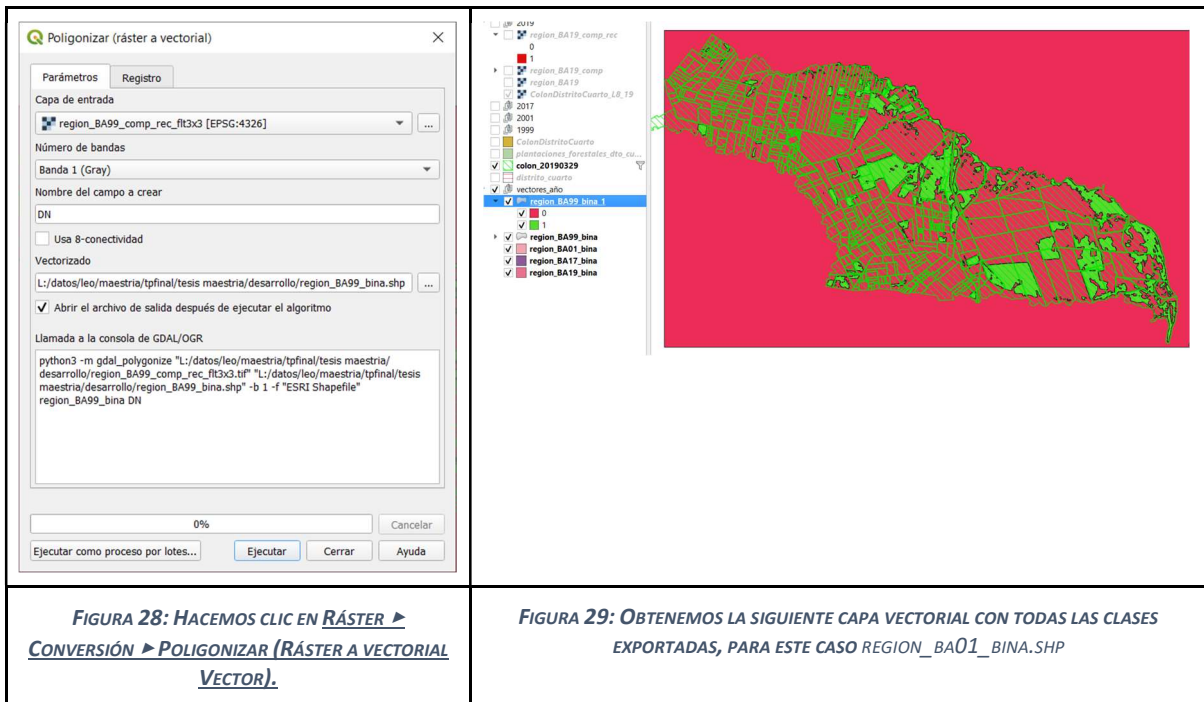


FIGURA 26: RESULTADO DEL PROCESO R.NEIGHBORS - REGION_BA01_WEKA\INIT_20_2_MANHATAN_S UM_REC_FLT3x3.TIF

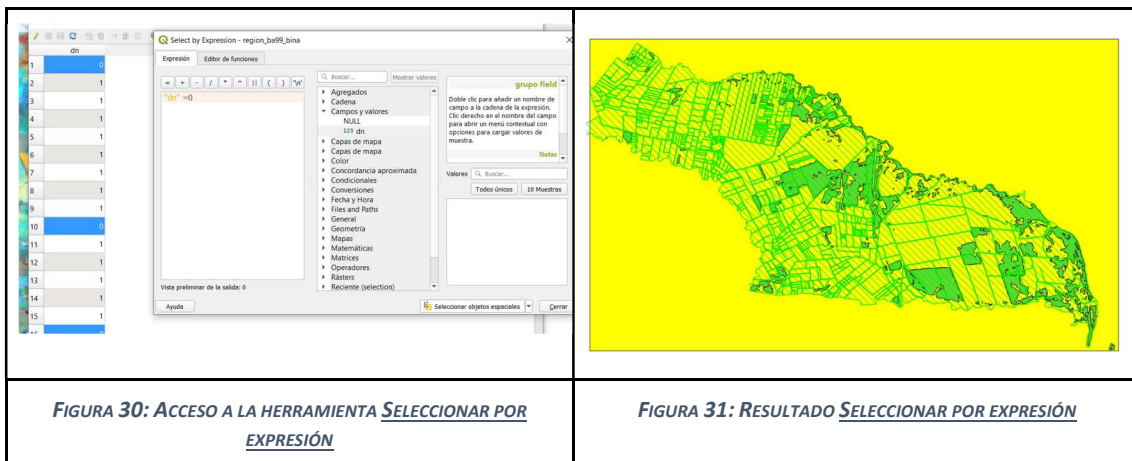
FIGURA 27: RESULTADO DEL PROCESO R.NEIGHBORS - AMPLIADO

5. A continuación, procederemos a vectorizar los resultados del paso anterior, para lo cual vamos a convertir el Ráster binario en Vectorial, con la opción de menú ráster ► Conversión ► Poligonizar (Ráster a vectorial Vector):



Hacemos lo mismo para las demás fechas.

- Una vez vectorizado el ráster, obtenemos dos valores de campo DN para la capa recién convertida, *0 - no bosque* y *1 - bosque*. Como se ve en la figura anterior, queda toda un área de la imagen con forma de cuadro o límites con valor 0 según el límite del recorte de la imagen ráster original, por lo tanto, lo que debemos hacer es filtrar los objetos en 0 para eliminarlos, para ello seleccionamos los valores de **DN = 0** desde la tabla de atributos:



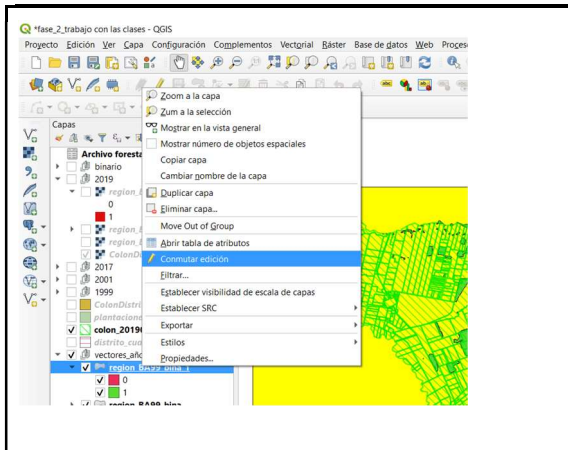


FIGURA 32: ACTIVAR LA CAPA EN MODO EDICIÓN.

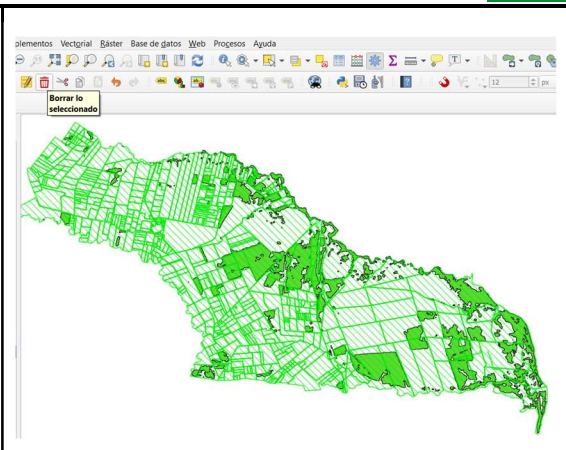


FIGURA 33: BORRADO DE LOS CAMPOS SELECCIONADOS.

7. Paso siguiente es importar capa/archivo con los archivos procesados desde la opción de menú **Base de datos ▶ Administrador de BBDD:**

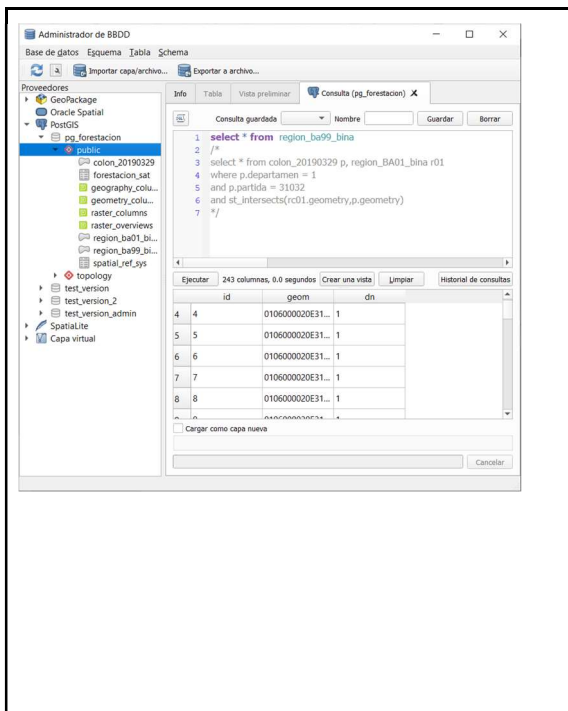


FIGURA 34: INICIALIZACIÓN DEL PLUGIN ADMINISTRADOR DE BBDD.

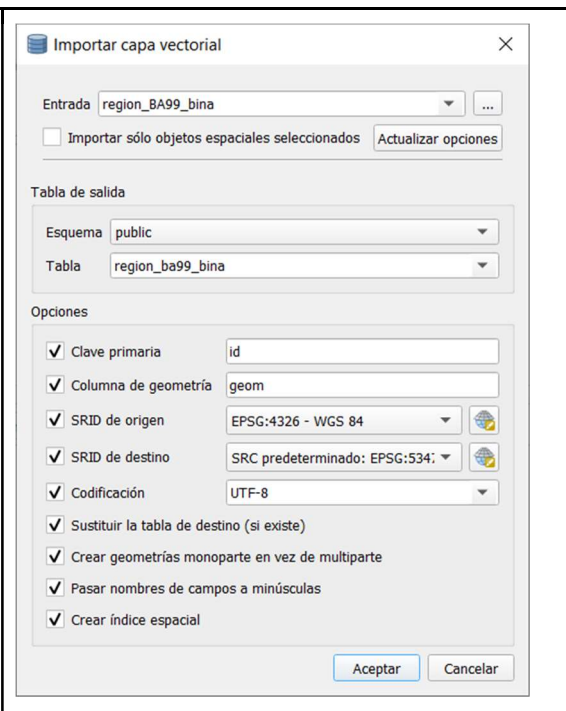


FIGURA 35: OPCIÓN IMPORTAR CAPA/ARCHIVO.

De igual manera se cargan todas las capas temporales, en la base de datos geográfica configurada para tal fin.

Fase 3.1: Procesamiento con consultas SQL.

Como se expresó anteriormente, para centralizar y manipular los datos, se decidió la utilización de SQL sobre el software de Base de Datos Relacional *PostgreSQL 9.6* y la extensión *Postgis 2.1* para el soporte como base de datos espacial.

Para administrar y gestionar las consultas vía SQL las bases de datos PostgreSQL, existen alternativas libres y de pago, la forma más sencilla es utilizar la aplicación *pgAdmin4* la cual es una herramienta visual avanzada e intuitiva; pero existen otras, no menos poderosas como la ventana de comandos *psql* que se distribuye con el Motor de Bases de Datos.

1. Abrir la aplicación *pgAdmin4*. Desde la consola nos conectamos a la Base de Datos denominada **Forestación**.

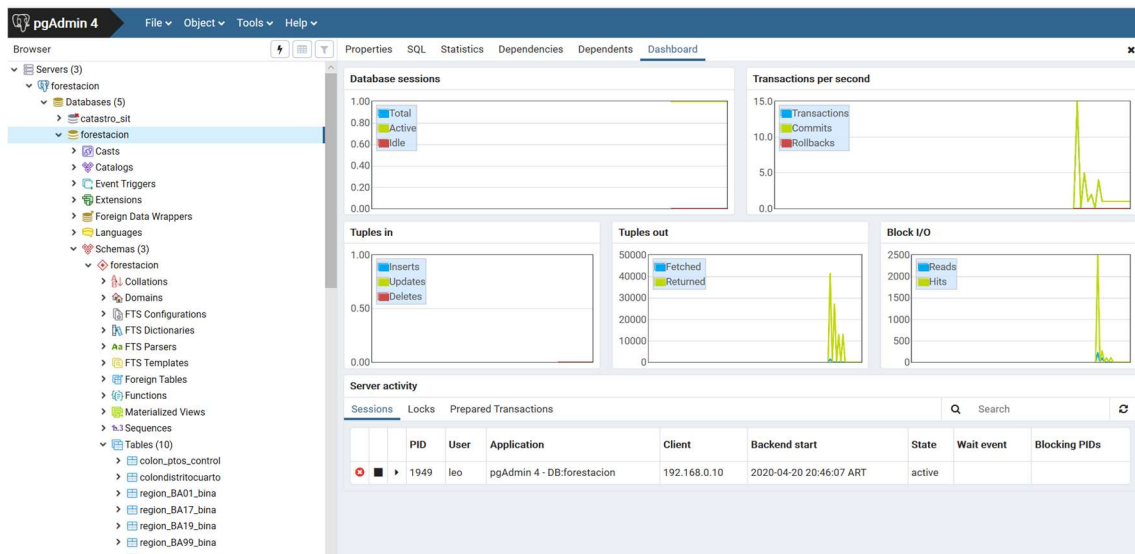


FIGURA 36: VISTA GENERAL DE PGADMIN 4

2. Se procede a crear una función de base de datos como un procedimiento almacenado, para que a partir del ingreso de variables:
 - a. Año específico.
 - b. Número de partida.
 - c. Número de plano.

Nos devuelve los parches determinados como resultado de la clasificación no supervisada:

- a. El cálculo de la porción que existe dentro de la parcela o la superficie real de forestación aproximada.
- b. La superficie de la parcela calculada.
- c. La geometría del área forestada.

```

-- FUNCTION: forestacion.getforestacionanio(integer, integer, integer)
/*
Determina el cálculo de la porción que existe dentro de la parcela o la
superficie real de forestación aproximada y por otro lado la superficie de la
parcela calculada por año procesado de Landsat 5 y 8 junto con la partida y
plano.

```

```

--Entrada
IN v_depto int,
IN v_partida int,
IN v_anio int,
--salida
out sup_for numeric,
out sup_r numeric
geom_forest geometry
*/

CREATE OR REPLACE FUNCTION forestacion.getforestacionanio(
    v_depto integer,
    v_partida integer,
    v_anio integer,
    OUT sup_for numeric,
    OUT sup_r numeric,
    OUT geom_forest geometry)
RETURNS record
LANGUAGE 'plpgsql'

COST 100
VOLATILE
AS $BODY$

BEGIN
    sup_for := 0;
    sup_r := 0;
    IF v_anio = 1999 THEN
        select
            sum(ST_Area(st_intersection(
p.geom,r99.geom),true)/10000), max(ST_Area(p.geom,true)/10000)
            ,ST_Union(st_intersection( p.geom,r99.geom))
            into sup_for , sup_r, geom_forest
            from distrito_cuarto_parcelas_sat p,
            region_ba99_bina r99
            where p.departamen = v_depto
            and p.partida = v_partida
            and st_intersects(p.geom,r99.geom) = true
            --and menos_25 = 0
            ;

        ELSIF v_anio = 2001 THEN
            select
                sum(ST_Area(st_intersection(
p.geom,r01.geom),true)/10000), max(ST_Area(p.geom,true)/10000)
                ,ST_Union(st_intersection( p.geom,r01.geom))
                into sup_for , sup_r, geom_forest
                from distrito_cuarto_parcelas_sat p,
                region_ba01_bina r01
                where p.departamen = v_depto
                and p.partida = v_partida
                and st_intersects(p.geom,r01.geom) = true
                --and menos_25 = 0
                ;

        ELSIF v_anio = 2017 THEN
            select
                sum(ST_Area(st_intersection(
p.geom,r17.geom),true)/10000), max(ST_Area(p.geom,true)/10000)
                ,ST_Union(st_intersection( p.geom,r17.geom) )
                into sup_for , sup_r, geom_forest
                from distrito_cuarto_parcelas_sat p,
                region_ba17_bina r17
                where p.departamen = v_depto
                and p.partida = v_partida
                and st_intersects(p.geom,r17.geom) = true

                --and menos_25 = 0
                ;

        ELSIF v_anio = 2019 THEN
            --select ST_Area(ST_Intersection(r19.geom,p.geom))/10000,
            ST_Area(r19.geom)/10000, ST_Area(p.geom)/10000 from colon_20190924 p,

```

```

select
    sum(ST_Area(st_intersection(
p.geom,r19.geom),true)/10000), max(ST_Area(p.geom,true)/10000)
    ,ST_Union(st_intersection( p.geom,r19.geom) )
into sup_for , sup_r, geom_forest
from distrito_cuarto_parcelas_sat p,
    region_ba19_bina_cl r19
where p.departamen = v_depto
    and p.partida = v_partida
    and st_intersects(p.geom,r19.geom) = true
    and menos_25 = 0;

END IF;
sup_for := round(sup_for,4);
--Agregue para qu siempre devuelva la superficie de la parcela
if COALESCE(sup_r,0) = 0 then
    select max(ST_Area(pp.geom,true)/10000)
into sup_r
    from distrito_cuarto_parcelas_sat pp
    where pp.departamen = v_depto
    and pp.partida = v_partida;
end if;
sup_r := round(sup_r,4);
END;
$BODY$;

ALTER FUNCTION public.getforestacionanio(integer, integer, integer)
OWNER TO admin;

```

Ejemplo de uso:

```

SELECT getForestacionAnio(1,31032, 1999) union
SELECT getForestacionAnio(1,31032, 2001) union
SELECT getForestacionAnio(1,31032, 2017) union
SELECT getForestacionAnio(1,31032, 2019);

```

Este procedimiento utiliza las siguientes funciones de Postgis (Postgis, 2011):

- **ST_Area:** Devuelve el área de la geometría si es un Polígono o MultiPolígono.
- **ST_Intersection:** Devuelve una geometría, que es la parte de la geometría A y la geometría B que se comparte entre las dos geometrías.
- **ST_Intersects:** Si una geometría comparte alguna parte del espacio, entonces se intersectan.

- De igual manera se crea otra función de base de datos: *getForestacionAnioS2*, para que devuelva a partir de un año específico, junto con los números de partida y plano; todos los bloques o parches determinados como resultado de la clasificación no supervisada, el cálculo de la porción superficie real de forestación aproximada que existe dentro de la parcela y por otro lado la superficie de la parcela calculada tomando los datos de las imágenes Sentinel 2.

```

-- FUNCTION: public.getForestacionAnioS2(integer, integer, integer)
/*
Determina el cálculo de la porción que existe dentro de la parcela o la
superficie real de forestación aproximada y por otro lado la superficie de la
parcela calculada por año procesado de Sentinel 2 junto con la partida y plano.

```

```

--Entrada
IN v_depto int,
IN v_partida int,
IN v_anio int,
--salida
out sup_for numeric,
out sup_r numeric
*/
CREATE OR REPLACE FUNCTION getForestacionAnios2(IN v_depto int,IN v_partida int,
IN v_anio int, out sup_for numeric, out sup_r numeric) AS $$

BEGIN
    sup_for := 0;
    sup_r := 0;
    IF v_anio = 2019 THEN
        --select ST_Area(ST_Intersection(r19.geom,p.geom))/10000,
        ST_Area(r19.geom)/10000, ST_Area(p.geom)/10000 from colon_20190329 p,
        select
            sum(ST_Area(ST_Intersection(r19.geom,p.geom))/10000),
        max(ST_Area(p.geom)/10000)
            into sup_for , sup_r
            from colon_20190924 p,
            region_ba_s2_19_bina r19
            where p.departamen = v_depto
            and p.partida = v_partida
            and st_intersects(r19.geom,p.geom) = true;
    END IF;
END;
$$ LANGUAGE plpgsql;

ALTER FUNCTION public.getforestacionanios2(integer, integer, integer)
OWNER TO leo;
    
```

Ejemplo de uso:

```

SELECT getForestacionAnios2(1,31032, 1999) union
SELECT getForestacionAnios2(1,31032, 2001) union
SELECT getForestacionAnios2(1,31032, 2017) union
SELECT getForestacionAnios2(1,31032, 2019);
    
```

Fase 3.2: Carga de Datos de SAT

Fase 3.2.1 Exenciones e integración de datos con el GIS

Para poder seguir con el proceso es indispensable contar con la información de las exenciones impositivas denominadas y tipificadas en ATER como **0122 - Plantación de Bosques Artificiales**.

- Obtención de listado con los datos de las exenciones otorgadas cargadas en el SAT desde el año 1999 hasta la fecha.
- Carga de los datos de las exenciones en la Base de Datos **Forestaciones** (PostgreSQL) en la tabla de datos en el esquema público **forestaciones_sat** y luego se realizó un análisis preliminar de los datos:

```

-- Table: public.forestacion_sat
-- DROP TABLE public.forestacion_sat;
CREATE TABLE public.forestacion_sat
(
    id integer NOT NULL DEFAULT nextval('forestacion_sat_id_seq'::regclass),
    
```

```

codigo integer,
descripcion character varying COLLATE pg_catalog."default",
fecha_asignacion character varying COLLATE pg_catalog."default",
fecha_caducacion character varying COLLATE pg_catalog."default",
porcentaje character varying COLLATE pg_catalog."default",
clave character varying COLLATE pg_catalog."default",
sup_terreno double precision,
tipo_planta integer,
CONSTRAINT forestacion_sat_pkey PRIMARY KEY (id)
)
WITH (
    OIDS = FALSE
)
TABLESPACE pg_default;

ALTER TABLE public.forestacion_sat
    OWNER to admin;
    
```

c. Análisis preliminar de los datos de las exenciones del Departamento Colón:

Año	Cantidad		Año	Cantidad
1999	18		2010	349
2000	62		2011	365
2001	93		2012	381
2002	103		2013	355
2003	124		2014	399
2004	135		2015	314
2005	151		2016	317
2006	162		2017	334
2007	166		2018	350
2008	175		2019	234
2009	240			

TABLA 3: DEPARTAMENTO COLÓN, TOTAL DE EXENCIONES OTORGADAS POR AÑO

d. Observando las exenciones del Distrito Cuarto, otorgadas anualmente se puede ver que las cantidades y las superficies de hectáreas de plantaciones, han mantenido un aumento casi sostenido a través de los años.

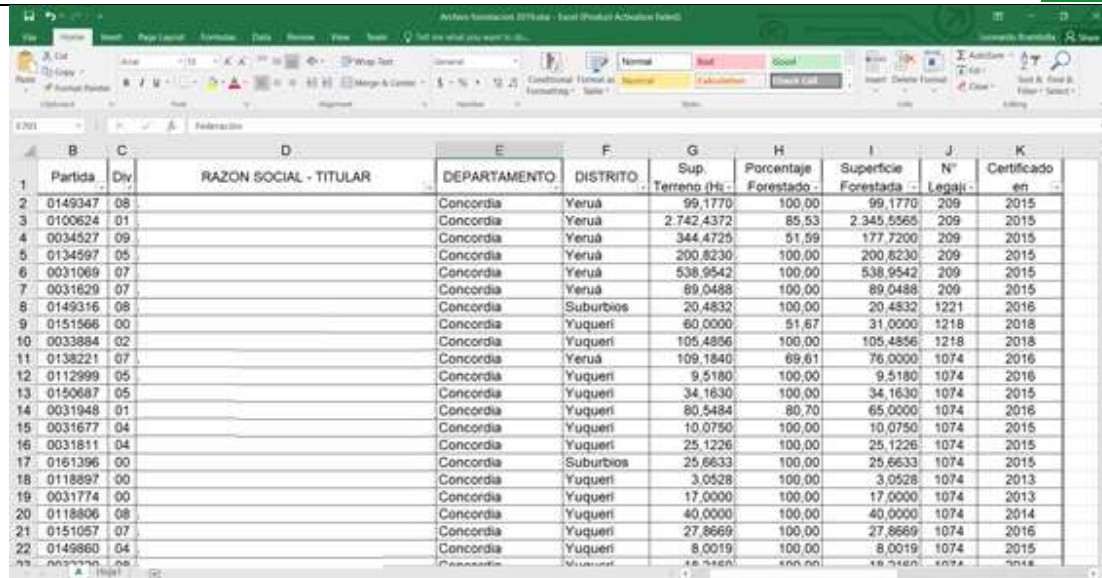
Año	Cantidad Exe.	Superficie Has
1999	2	257,49
2000	10	552,54
2001	13	789,01

2002	14	847,69
2003	17	1010,72
2004	19	2457,43
2005	22	2492,19
2006	23	2522,65
2007	23	2522,65
2008	27	3657,30
2009	49	4552,12
2010	71	8851,40
2011	71	9134,79
2012	76	10148,42
2013	67	9504,43
2014	75	10050,73
2015	48	9732,93
2016	47	9680,62
2017	49	11237,95
2018	48	9549,18
2019	33	6538,11

TABLA 4: DISTRITO CUARTO - DEPARTAMENTO COLÓN, TOTAL DE EXENCIONES OTORGADAS POR AÑO CON TOTAL DE SUPERFICIE

Fase 3.2.1 Carga de listado de trámites para Exenciones 2019

Otro de los puntos que se intenta mostrar en este trabajo es el relativo a los trámites incluidos y descartados a partir de las presentaciones de trámites, para que sean identificadas como potenciales exenciones del año 2019, para ello mediante el archivo original, provisto por el Área Forestal provincial: **Archivo forestación 2019.xlsx**, en formato Excel, cuenta con 1694 registros.



Partida	Div	RAZON SOCIAL - TITULAR	DEPARTAMENTO	DISTRITO	Sup. Terreno (Ha)	Porcentaje Forestado	Superficie Forestada	N° Legal	Certificado en
0149347	08		Concordia	Yerua	99,1770	100,00	99,1770	209	2015
0100624	01		Concordia	Yerua	2.742,4372	85,53	2.345,5565	209	2015
0034527	09		Concordia	Yerua	344,4725	51,59	177,7200	209	2015
0134597	05		Concordia	Yerua	200,8230	100,00	200,8230	209	2015
0031069	07		Concordia	Yerua	538,9542	100,00	538,9542	209	2015
0031629	07		Concordia	Yerua	89,0488	100,00	89,0488	209	2015
0149316	08		Concordia	Suburbios	20,4832	100,00	20,4832	1221	2016
0151566	00		Concordia	Yuqueri	60,0000	51,67	31,0000	1218	2018
0033884	02		Concordia	Yuqueri	105,4856	100,00	105,4856	1218	2018
0138221	07		Concordia	Yerua	109,1840	69,61	76,0000	1074	2016
0112999	05		Concordia	Yuqueri	9,5180	100,00	9,5180	1074	2016
0150687	05		Concordia	Yuqueri	34,1630	100,00	34,1630	1074	2015
0031948	01		Concordia	Yuqueri	80,5484	80,70	65,0000	1074	2018
0031677	04		Concordia	Yuqueri	10,0750	100,00	10,0750	1074	2015
0031811	04		Concordia	Yuqueri	25,1226	100,00	25,1226	1074	2015
0161396	00		Concordia	Suburbios	25,6633	100,00	25,6633	1074	2015
0118897	00		Concordia	Yuqueri	3,0528	100,00	3,0528	1074	2013
0031774	00		Concordia	Yuqueri	17,0000	100,00	17,0000	1074	2013
0118806	08		Concordia	Yuqueri	40,0000	100,00	40,0000	1074	2014
0151057	07		Concordia	Yuqueri	27,8669	100,00	27,8669	1074	2016
0149860	04		Concordia	Yuqueri	8,0019	100,00	8,0019	1074	2015

FIGURA 37: VISTA GENERAL DE ARCHIVO LISTADO DE TRÁMITES PARA EXENCIONES

Luego de contrastar el listado con las partidas vigentes en SAT podemos decir que de la totalidad de los registros anteriores del archivo Excel, podemos decir que **398** pertenecen al Departamento Colón y **57**, son los trámites que pertenecen al Distrito Cuarto.

Fase 4: Verificación

Fase 4.1: Diseño del muestreo para la Verificación

Se realiza un muestreo de sitios de referencia para los cuales la categoría correcta, determinada en campo o con la ayuda de imágenes de alta resolución, se compara con la categoría reportada por el mapa a través de una matriz de confusión.

Para este trabajo, y dada la extensión del área de interés, se ha decidido aplicar un diseño de **muestreo sistemático**, el cual es el más apropiado para este tipo de área de trabajo y más puntualmente en el tipo de interés bosque - no bosque, y se consideró que una distancia fija de 500 metros entre los puntos de muestreo podría dar una cantidad apropiada de puntos para validar los resultados. Además, se reforzó con validaciones de campo en algunos puntos que resultaron dudosos en su interpretación.

1. En la aplicación de software, se crea una rejilla de puntos rectangular separados en 500 metros (**muestreo sistemático**), para lo cual se va a utilizar en QGis la opción **Vectorial ► Herramientas de Investigación ► Puntos Regulares**.

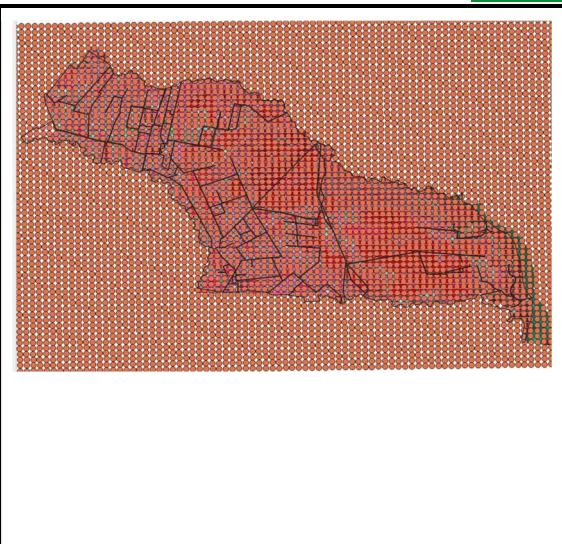
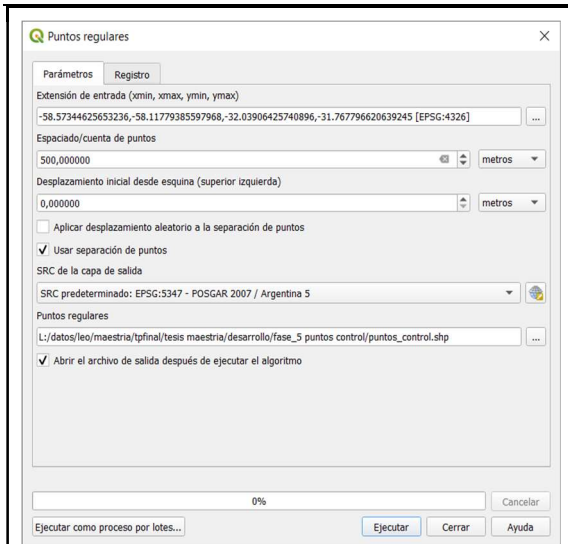


FIGURA 38 PARÁMETROS DE LA OPCIÓN VECTORIAL ► HERRAMIENTAS DE INVESTIGACIÓN ► PUNTOS REGULARES.

FIGURA 39: RESULTADO DE LA OPCIÓN DE PUNTOS REGULARES PUNTOS_CONTROL.SHP

2. La herramienta procesó considerando la extensión completa de la vista para generar una rejilla rectangular de puntos, pero como estamos interesado en los puntos que están dentro del Distrito Primero, aplicamos un recorte de la siguiente manera **Vectorial ► Herramientas de Geoproceso ► Cortar**:

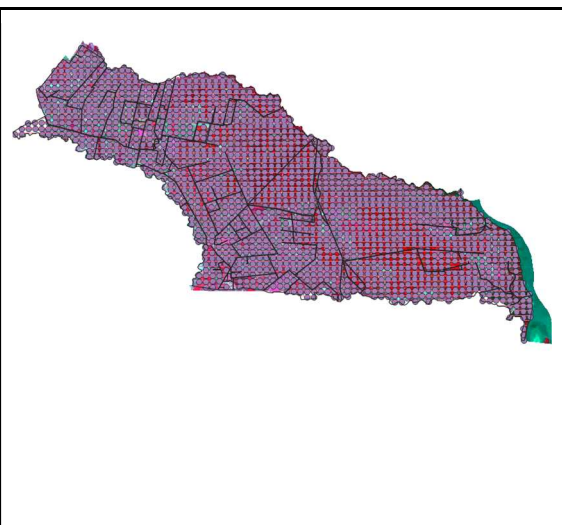
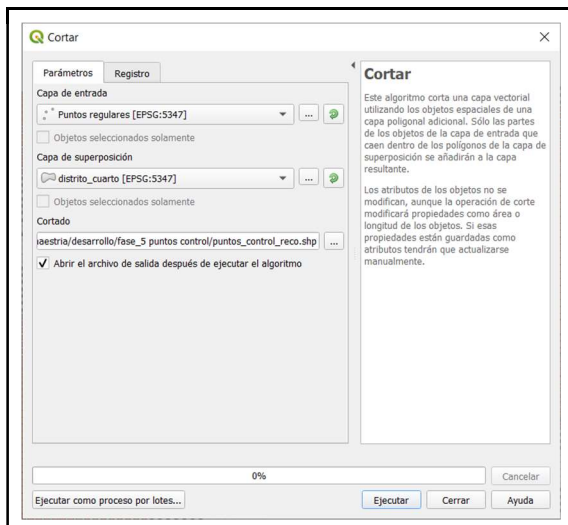


FIGURA 40: PARÁMETROS DE LA OPCIÓN RECORTE VECTORIAL ► HERRAMIENTAS DE GEOPROCESO ► CORTAR

FIGURA 41: RESULTADO DE LA OPCIÓN RECORTE PUNTOS_CONTROL_RECO.SHP

Ahora con este proceso se obtuvieron los puntos para validar los resultados.

3. Pasamos al software *Google Earth Pro*, en el cual se cargó el archivo **puntos_control_reco.shp**, y se procedió a determinar visualmente para cada punto en la imagen de alta resolución, con fecha 2019 el valor que mejor representa sobre la clase o categoría a la cual se superpone.

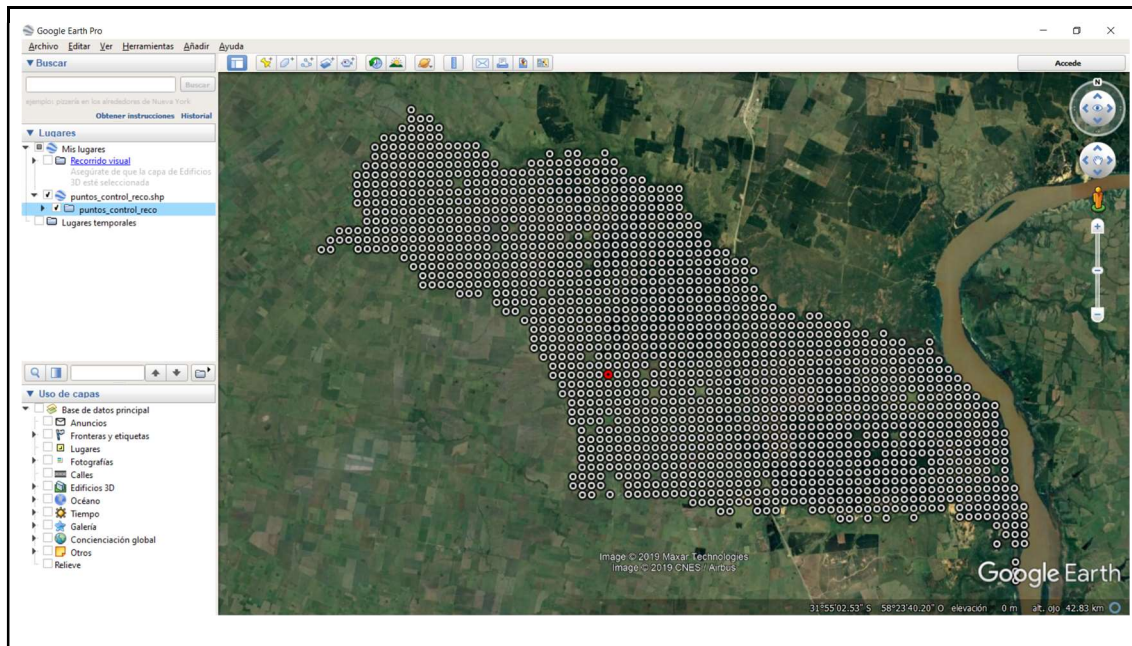


FIGURA 42: VISTA GENERAL DE LOS PUNTOS Y SU DISTRIBUCIÓN EN EL DISTRITO

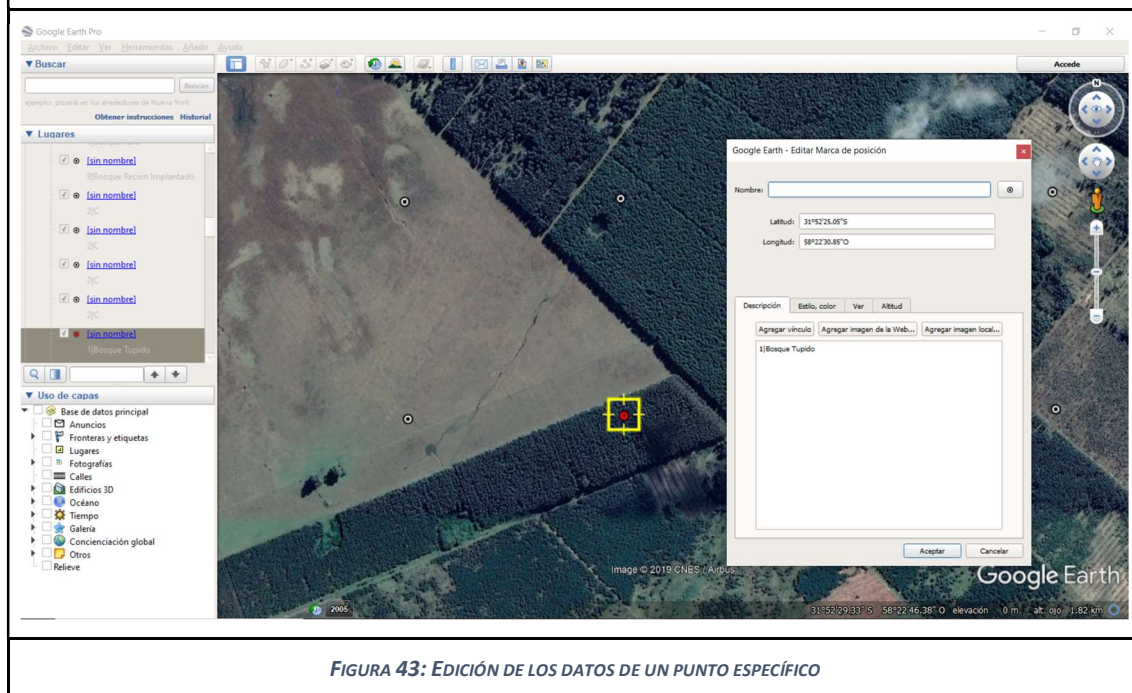


FIGURA 43: EDICIÓN DE LOS DATOS DE UN PUNTO ESPECÍFICO

- Los valores de clases de los puntos en base a su distribución y categorías de valor identificadas fueron los siguientes:

Categoría	Valor
1	Plantación más cerrada
1	Plantación más abierta
2	Bajo o cañada
2	Cultivo
3	Monte nativo
4	Camino o Calle
5	Ganadería Mixta
6	Suelo desnudo
7	Arbustal
8	Agua
9	Plantación Recién Implantada
10	Infraestructura
11	Otras categorías menores
12	Arena

TABLA 5: DISTRITO CUARTO - DEPARTAMENTO COLÓN
CATEGORÍAS CORRESPONDIENTES A PUNTOS DE VALIDACIÓN.

- Una vez generados y chequeados todos los valores para cada punto, se procede a guardar el archivo como kml: **puntos_control_reco.shp.kmz**.
- Se carga este archivo en *QGIS* importándolo y se lo guarda como SHP **colon_ptos_control_2**.
- Con la ayuda del software *Libre Office* se abre para edición el archivo **colon_ptos_control_2.dbf** y se divide el par de valores, mediante la opción convertir texto en columnas, por valores separados por “|” y se obtiene lo siguiente (Figura 44). Guardamos el archivo como dbf:

	A	B	C	D	E	F	G
1	NA	DESCRIPTIO.C.254					
2	2	Cultivo					
3	2	Cultivo					
4	2	Cultivo					
5	2	Cultivo					
6	2	Cultivo					
7	2	Cultivo					
8	2	Cultivo					
9	2	Cultivo					
10	2	Cultivo					
11	2	Cultivo					
12	2	Cultivo					
13	1	Bosque Tupido					

FIGURA 44: EDICIÓN DE LOS DATOS DEL EL ARCHIVO COLON_PTOS_CONTROL_2.DBF

- Hasta este punto podemos decir que del total de puntos generados de manera aleatoria según la herramienta QGis, y aplicando un muestreo aleatorio sistemático, totalizan: 1.610 puntos (*colon_ptos_control_2*). De estos puntos y aplicando un filtro de distrito ya que hay lotes que exceden el límite del distrito quedan 1.582 puntos (*colon_ptos_control_3*) como se ve en la Figura 45, y que se distribuyen en las siguientes clases de información.

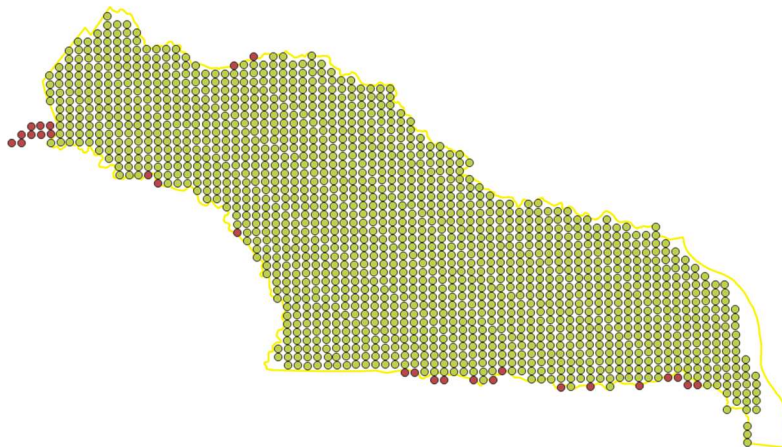


FIGURA 45: VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS DEL EL ARCHIVO COLON_PTOS_CONTROL_3.SHP

Consulta para determinar qué puntos caen sobre el distrito:

```
select pto.* from forestacion.colondistritocuarto d,
forestacion.colon_ptos_control_2 pto where ST_Contains(d.geom,pto.geom) = true;
```

- Con la consulta siguiente se puede observar cómo se distribuyen en las siguientes clases de información:

```
--cantidad total de puntos dentro del dto, agrupados por id
select pto.name::int, pto.descriptio, count(*)
from forestacion.colondistritocuarto d,
forestacion.colon_ptos_control_2 pto
where ST_ContainsProperly(d.geom,pto.geom) = true
```

```

group by pto.name, pto.descriptio
order by 1,2,3 asc;
    
```

Resultado:

Identificador de categoría	Descripción	Cantidad
1	Plantación más abierta	55
1	Plantación más cerrado	276
2	Bajo o cañada	2
2	Cultivo	713
3	Monte nativo	114
4	Camino o Calle	23
5	Ganadería Mixta	58
6	Suelo desnudo	1
7	Arbustal	145
8	Agua	10
9	Plantación Recién Implantada	82
10	Infraestructura	15
11	Otras categorías menores	84
12	Arena	4

TABLA 6: DISTRITO CUARTO - DEPARTAMENTO COLÓN CANTIDAD DE PUNTOS POR TIPO DE DATO RELEVADO.

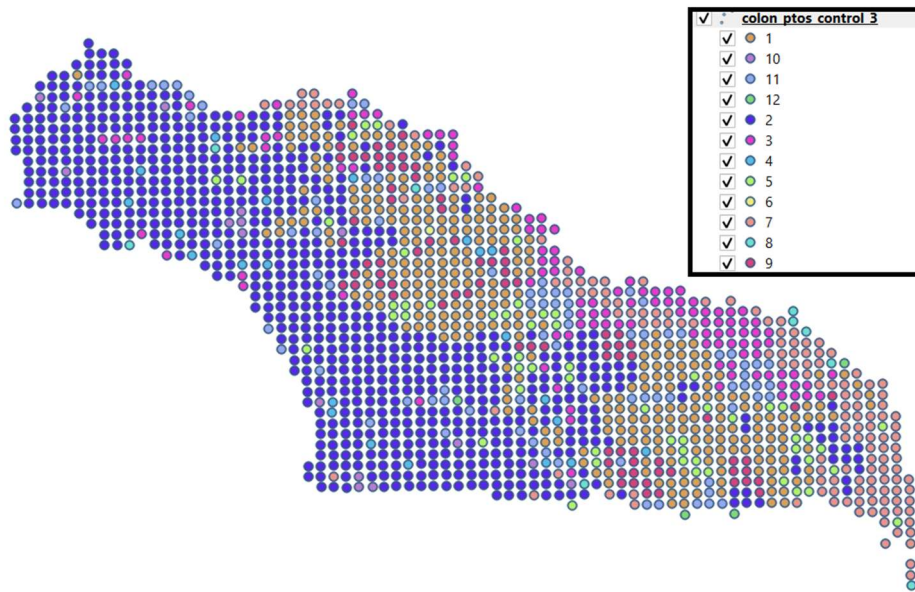


FIGURA 46: VISUALIZACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Fase 4.2: Evaluación de la Fiabilidad

La fiabilidad temática de un mapa es una medida que representa el grado en que los atributos del mapa coinciden con la realidad. Sin embargo, se debe tomar en cuenta el tipo de muestreo para calcular los índices de fiabilidad y su respectivo intervalo de confianza. Como resultado del muestreo se obtuvo una lista de puntos de control de los cuales contamos con la información real, contra la deducida por la clasificación. A partir de estos datos se conforma una matriz de confusión, denominada así porque recoge los conflictos que se presentan entre las categorías. En esta matriz, las filas representan las clases de referencia y las columnas las categorías deducidas de la clasificación, lo cual sugiere una matriz cuadrada de $n \times n$ donde n es el número de categorías. (Chuvieco, 2.008)

La diagonal principal indica el número de píxeles que han sido correctamente clasificados para cada categoría. Mientras que los elementos ubicados fuera de la diagonal principal, indican los errores de asignación ya sea porque, perteneciendo a una misma clase, han sido asignados a categorías distintas **error de omisión**, o porque han sido clasificados en una categoría, cuando en realidad pertenecen a otra: **error de comisión**.

La matriz de confusión permite también a los usuarios llevar a cabo un ajuste de las estadísticas de superficie derivadas del mapa y evitar posibles sesgos asociados a los errores de comisión y omisión del mapa y posterior cálculo de área de los resultados de la clasificación.

V.III Metodología de protocolo final propuesto

Para resumir, el esquema metodológico propuesto sugiere las siguientes tareas simplificadas del Método Principal planteado en este trabajo, que propiciaron a la realización del mismo; las tareas macro fueron reagrupadas en tres etapas, en la figura siguiente se presenta la secuencia de trabajo:

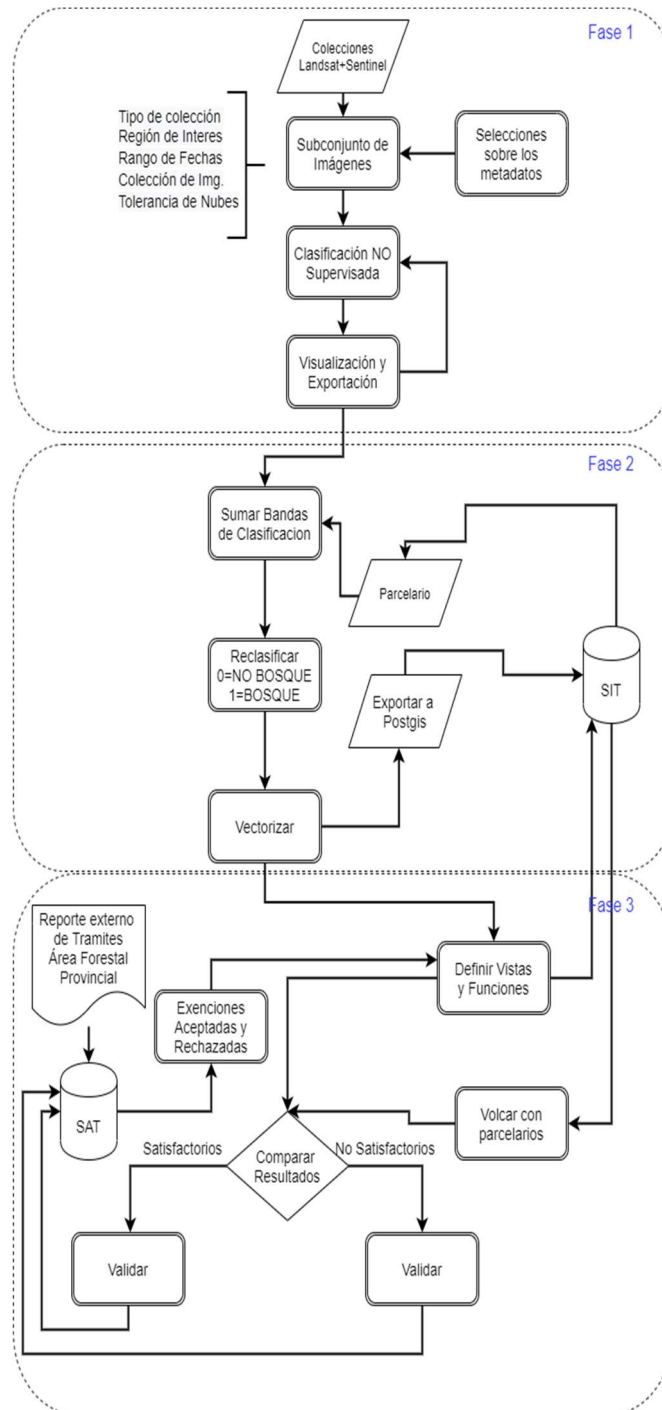


FIGURA 47: METODOLOGÍA DE PROTOCOLO FINAL PROPUESTA

CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y CONCLUSIONES

VI. I Resultados y discusión

Los resultados están presentados en base a los objetivos planteados. En primer lugar, se aplica el diseño y desarrollo del protocolo propuesto; en segundo lugar, se compara la superficie actual de las plantaciones forestales contra la información reportada por el área forestal; en tercer lugar, se determina los cambios espacio-temporales en las superficies de plantaciones; en cuarto lugar, evalúa el comportamiento de imágenes L8 vs Sentinel 2; y, en quinto lugar, muestra los resultados de la aplicación de las exenciones hasta la actualidad.

Diseño y desarrollo del Protocolo Propuesto

El Protocolo Propuesto, el cual fue diseñado y desarrollado según se muestra en el diagrama de flujo presentado anteriormente, puede dividirse en cuatro fases: a) Procesamiento con GEE, b) Realces y mejoras con Qgis, c) Procesamiento con SQL, d) Carga de Datos de SAT, y, por último, e) Verificación.

Como resultado de aplicar cada una de las tres primeras etapas se llega al punto de obtener las clasificaciones no supervisadas y demás información de soporte, disponible para ser validada mediante la metodología definida. Para la fase de verificación del método, se utilizaron matrices de confusión.

Matrices de confusión

A continuación, se presentan las matrices de confusión que se confeccionaron para evaluar la exactitud de los productos desarrollados. Se calcularon las exactitudes de productor y usuario, con la consiguiente determinación de los errores de omisión y comisión respectivamente, la exactitud global y el coeficiente de Kappa.

4.2.1 Clasificaciones con imágenes Landsat 8 OLI

Confección de las distintas matrices de confusión Landsat 8, para cada una de las clasificaciones no supervisadas.

Resultado Landsat 8 sin filtros:

CLASIFICACIÓN	COMPROBACIÓN					
		Bosque	No Bosque	Total	Exactitud usuario	Error Comisión
Bosque		264	149	413	0,6392	0,3608
No Bosque		7	1162	1169	0,9940	0,0060
Total		271	1311	1582		

	Exactitud productora	0,9742	0,8863			
	Error de Omisión	0,0258	0,1137			0,9014

Fiabilidad global o total = 0,9014

Error proporcional total = 0,0986

Error Estándar Del Muestreo = 0,7496 \cong 0,75

Para un intervalo de confianza (IC) del 95%:

FIABILIDAD REAL = $90,14 \pm (1,90 * 0,75) = 90,14 \pm 1,425$

FIABILIDAD REAL DE CLASIFICACIÓN: entre 88,71% y 91,56%.

Resultado Landsat 8 con filtro 3x3:

CLASIFICACIÓN	COMPROBACIÓN					
		Bosque	No Bosque	Total	Exactitud usuario	Error Comisión
Bosque	257	156	413	0,6223	0,3777	
No Bosque	3	1166	1169	0,9974	0,0026	
Total	260	1322	1582			
Exactitud productor	0,9885	0,8820				
Error de Omisión	0,0115	0,1180				0,8995

Fiabilidad global o total = 0,8995

Error proporcional total = 0,1005

Error Estándar Del Muestreo = 0,7559 \cong 0,76

Para un intervalo de confianza (IC) del 95%:

FIABILIDAD REAL = $89,95 \pm (1,90 * 0,76) = 89,95 \pm 1,425$

FIABILIDAD REAL DE CLASIFICACIÓN: entre 88,51% y 91,39%

Resultado Landsat 8 con filtro 5x5:

CLASIFICACION	COMPROBACIÓN					
		Bosque	No Bosque	Total	Exactitud usuario	Error Comisión

	Bosque	250	163	413	0,6053	0,3947
	No Bosque	5	1164	1169	0,9957	0,0043
	Total	255	1327	1582		
	Exactitud productor	0,9804	0,8772			
	Error de Omisión	0,0196	0,1228			0,8938

Fiabilidad global o total = 0,8938

Error proporcional total = 0,1062

Error Estándar Del Muestreo = 0,7746 \cong 0,77

Para un intervalo de confianza (IC) del 95%:

$$\text{FIABILIDAD REAL} = 89,38 \pm (1,89 * 0,77) = 89,38 \pm 1,4553$$

FIABILIDAD REAL DE CLASIFICACIÓN: entre 87,93% y 90,84%

Resultado Landsat 8 con filtro 7x7:

	COMPROBACIÓN					
		Bosque	No Bosque	Total	Exactitud usuario	Error Comisión
	Bosque	246	167	413	0,5956	0,4044
	No Bosque	8	1161	1169	0,9932	0,0068
	Total	254	1328	1582		
	Exactitud productor	0,9685	0,8742			
CLASIFICACION	Error de Omisión	0,0315	0,1258			0,8894

Fiabilidad global o total = 0,8894

Error proporcional total = 0,1106

Error Estándar Del Muestreo = 0,7886 \cong 0,79

Para un intervalo de confianza (IC) del 95%:

$$\text{FIABILIDAD REAL} = 88,93 \pm (1,89 * 0,79) = 88,93 \pm 1,4931$$

FIABILIDAD REAL DE CLASIFICACIÓN: entre 87,44% y 90,43%

4.2.1 Clasificaciones con imágenes Sentinel 2

Elaboración de las matrices de confusión Sentinel 2, para cada una de las clasificaciones no supervisadas.

Resultado Sentinel 2 sin filtros

CLASIFICACIÓN	COMPROBACIÓN					
		Bosque	No Bosque	Total	Exactitud usuario	Error Comisión
	Bosque	330	83	413	0,7990	0,2010
	No Bosque	82	1087	1169	0,9299	0,0701
	Total	412	1170	1582		
	Exactitud productor	0,8010	0,9291			
	Error de Omisión	0,1990	0,0709			0,8957

Fiabilidad global o total = 0,8957

Error proporcional total = 0,1043

Error Estándar Del Muestreo = 0,7685 \cong 0,77

Para un intervalo de confianza (IC) del 95%:

FIABILIDAD REAL = 89,57 \pm (1,90 * 0,77) = 89,57 \pm 1,463

FIABILIDAD REAL DE CLASIFICACIÓN: entre 88,11% y 91,03%

Resultado Sentinel 2 con filtro de 3x3

CLASIFICACIÓN	COMPROBACIÓN					
		Bosque	No Bosque	Total	Exactitud usuario	Error Comisión
	Bosque	280	133	413	0,6780	0,3220
	No Bosque	17	1152	1169	0,9855	0,0145
	Total	297	1285	1582		
	Exactitud productor	0,9428	0,8965			
	Error de Omisión	0,0572	0,1035			0,9052

Fiabilidad global o total = 0,9052

Error proporcional total = 0,0948

Error Estándar Del Muestreo = 0,7366 \cong 0,74

Para un intervalo de confianza (IC) del 95%:

$$\text{FIABILIDAD REAL} = 90,52 \pm (1,91 * 0,74) = 90,52 \pm 1,4134$$

FIABILIDAD REAL DE CLASIFICACIÓN: entre 89,10% y 91,93%

Resultado Sentinel 2 con filtro de 5x5

CLASIFICACIÓN	COMPROBACIÓN					
		Bosque	No Bosque	Total	Exactitud usuario	Error Comisión
	Bosque	282	131	413	0,6828	0,3172
	No Bosque	17	1152	1169	0,9855	0,0145
	Total	299	1283	1582		
	Exactitud productor	0,9431	0,8979			
	Error de Omisión	0,0569	0,1021			0,9064

Fiabilidad global o total = 0,9064

Error proporcional total = 0,0936

Error Estándar Del Muestreo = $0,7321 \cong 0,73$

Para un intervalo de confianza (IC) del 95%:

$$\text{FIABILIDAD REAL} = 90,64 \pm (1,91 * 0,73) = 90,64 \pm 1,3943$$

FIABILIDAD REAL DE CLASIFICACIÓN: entre 89,25% y 92,04%

Resultado Sentinel 2 con filtro de 7x7

CLASIFICACIÓN	COMPROBACIÓN					
		Bosque	No Bosque	Total	Exactitud usuario	Error Comisión
	Bosque	288	125	413	0,6973	0,3027
	No Bosque	13	1156	1169	0,9889	0,0111
	Total	301	1281	1582		
	Exactitud productor	0,9568	0,9024			
	Error de Omisión	0,0432	0,0976			0,9128

Fiabilidad global o total = 0,9128

Error proporcional total = 0,0872

Error Estándar Del Muestreo = $0,7094 \cong 0,71$

Para un intervalo de confianza (IC) del 95%:

$$\text{FIABILIDAD REAL} = 91,28 \pm (1,91 * 0,71) = 91,28 \pm 1,3561$$

FIABILIDAD REAL DE CLASIFICACIÓN: entre 89,92% y 92,63%

La fiabilidad del proceso de clasificación de imágenes se resume en la *Tabla 7: Fiabilidad estimada* para cada una de las clasificaciones. De la misma se observa que todos los procesos poseen un buen nivel de fiabilidad.

Fiabilidad estimada

Imagen\Producto	Sin filtros	Con filtro 3x3	Con filtro 5x5	Con filtro 7x7
Landsat 8	0,9014	0,8995	0,8938	0,8894
Sentinel 2	0,8957	0,9052	0,9064	0,9128

TABLA 7: FIABILIDAD ESTIMADA DE CADA UNA DE LAS CLASIFICACIONES

Fiabilidad estimada porcentual

Imagen\Producto	Sin filtros	Con filtro 3x3	Con filtro 5x5	Con filtro 7x7
Landsat 8	90,1391	89,9500	89,3805	88,9381
Sentinel 2	89,5702	90,5183	90,6448	91,2769

TABLA 8: FIABILIDAD ESTIMADA PORCENTUAL DE CADA UNA DE LAS CLASIFICACIONES

Al comparar los resultados obtenidos, los cuales son resumidos en las Tablas 7 y 8, se puede observar en primera instancia, que muestran un alto grado de fiabilidad de la clasificación, con valores determinados entre el 88% y el 91% de fiabilidad. De esta manera, se pudo validar el proceso denominado Metodología de Protocolo Final Propuesto, que a la vez permite replicarlo a partir de los resultados obtenidos hasta este punto.

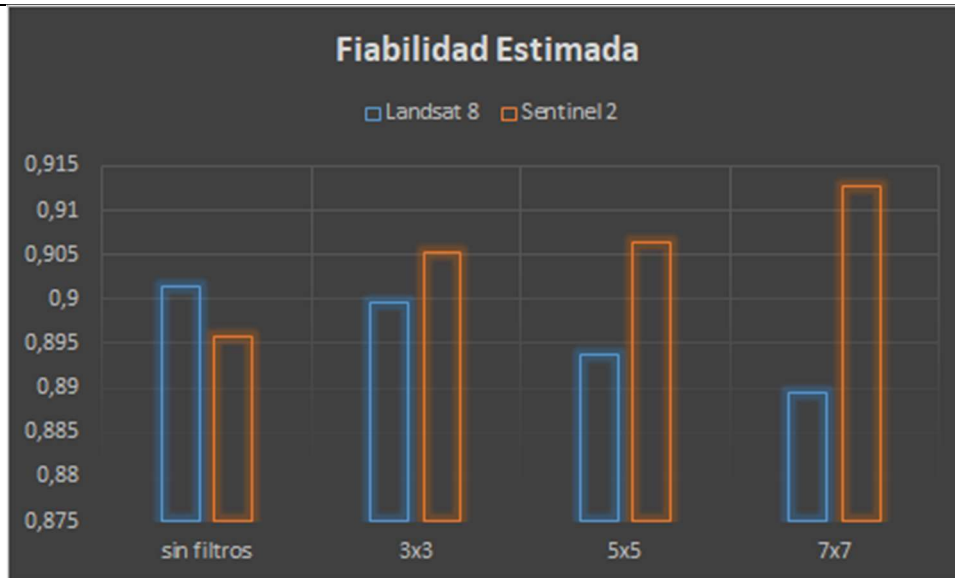


FIGURA 48: FIABILIDAD ESTIMADA COMPARANDO LANDSAT 8 CON SENTINEL 2

Superficie forestal contra reportada por área forestal Certificaciones y Exenciones

Tomando como testigo el año 2.019 en lo que respecta a las plantaciones forestales de *Pinus* y *Eucalyptus*, y el contraste entre los trámites otorgados y rechazados como exenciones, y si partimos del fichero que contiene las presentaciones de trámites reportados como potenciales exenciones del año 2.019 por el Área Forestal provincial, el cual como se indicó anteriormente el listado (Excel), cuenta con **1694** registros, de los cuales **398** pertenecen al Departamento Colón y **57**, son los trámites que pertenecen al Distrito Cuarto.

Como se pudo observar no todas las presentaciones de certificaciones se traducen en exenciones, del año 2019 solamente se cargaron **33** como tal en el Distrito Cuarto del Departamento Colón; por lo tanto, hubo **26** que no fueron cargadas por distintos motivos pero que si tienen certificado de forestación.

De las **26** certificaciones que no se cargaron como exención, podemos indicar que al comparar los datos de las Partidas SAT - SIT, que no hayan tenido una exención vigente contra el archivo original de presentaciones de certificados, postulados para transformarse en exenciones (aprobadas y rechazadas) y que surja que contengan un área de reforestación (resultado de la clasificación) por encima del porcentaje aplicado a la superficie de la parcela.

Clave imponible	Sup. Forestal Declarada	Sup. Forestal Calculada	Sup. de Lote Calculada	Sup. de Lote Catastral
001-0106491-000	255,52	98,97	255,08	255,52
001-0149849-009	255,51	152,63	255,02	255,51
001-0031984-000	74,99	33,01	98,91	92,99

001-0033424-005	80,51	4,40	109,96	80,51
001-0103111-002	16,10	22,59	34,44	16,10
001-0103110-003	16,10	0,27	22,29	16,10
001-0033139-008	10,00	2,06	54,69	55,42
001-0106521-004	111,63	76,30	128,15	111,63
001-0032773-009	50,26	42,09	48,20	50,26
001-0031032-000	59,44	27,07	58,20	59,44
001-0110350-003	50,00	43,08	54,68	50,00
001-0110349-007	104,00	92,86	113,69	104,00
001-0033813-001	13,86	0,00	2,44	13,86
001-0107219-001	81,32	74,91	703,83	693,92
001-0118840-009	25,35	16,34	51,38	29,82
001-0118841-008	16,75	1,35	24,52	25,52
001-0115862-008	160,82	75,55	164,08	166,26
001-0106430-009	49,45	24,09	57,94	49,45
001-0130262-003	67,47	4,05	66,21	67,47
001-0106431-008	19,24	5,79	23,06	19,24
001-0104458-003	165,00	93,02	455,64	500,00
001-0104466-002	500,00	351,43	504,40	500,00
001-0104467-001	389,01	201,15	462,44	449,01
001-0104468-000	304,30	145,11	595,33	631,01
001-0104457-004	289,00	244,01	488,62	500,00
001-0130084-009	831,68	87,45	815,14	831,68

TABLA 9: CERTIFICACIONES NO APROBADAS CON FORESTACIÓN

En la tabla siguiente el significado de cada una de las columnas es:

Clave Imponible: es el identificador único de partida interno del SAT.

Sup. Forestal Declarada: superficie forestal declarada.

Sup. Forestal Calculada: superficie forestal calculada.

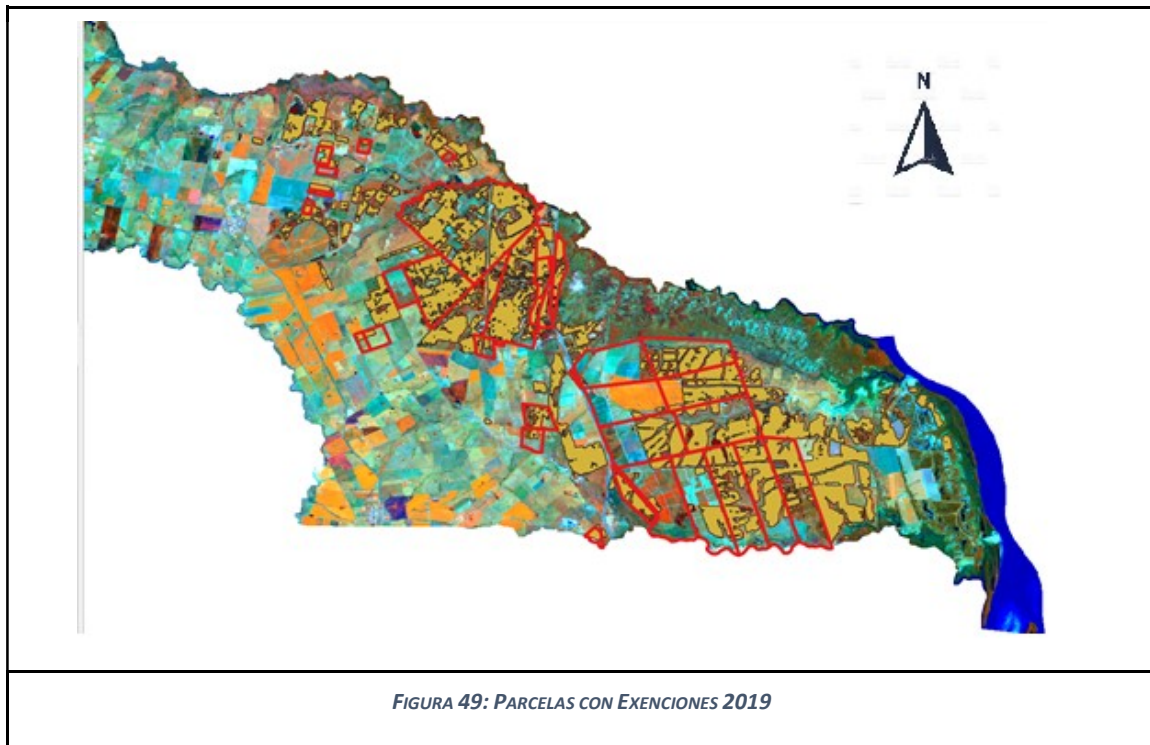
Sup. de Lote Calculada: superficie de lote o partida calculada.

Sup. de Lote Catastral: superficie de lote o partida declarada en Catastro.

Se puede ver que la mayoría de las certificaciones forestales que se descartan, es por tener problemas en los datos, dado principalmente por no contar con herramientas efectivas para validarlos, y una parte importante de la problemática pasa por información incompleta o incorrecta; por eso se sugiere una herramienta de interacción personalizada mediante la cual se le permita al Área Forestal ingresar directamente la tramitación sin necesidad de volcar esa información en un archivo Excel o similar, permitiéndole tomar los datos propios de la Partida Catastral como los específicos de la parcela, como así también de dominio y otra información que se requiera pertinente para la completitud del trámite.

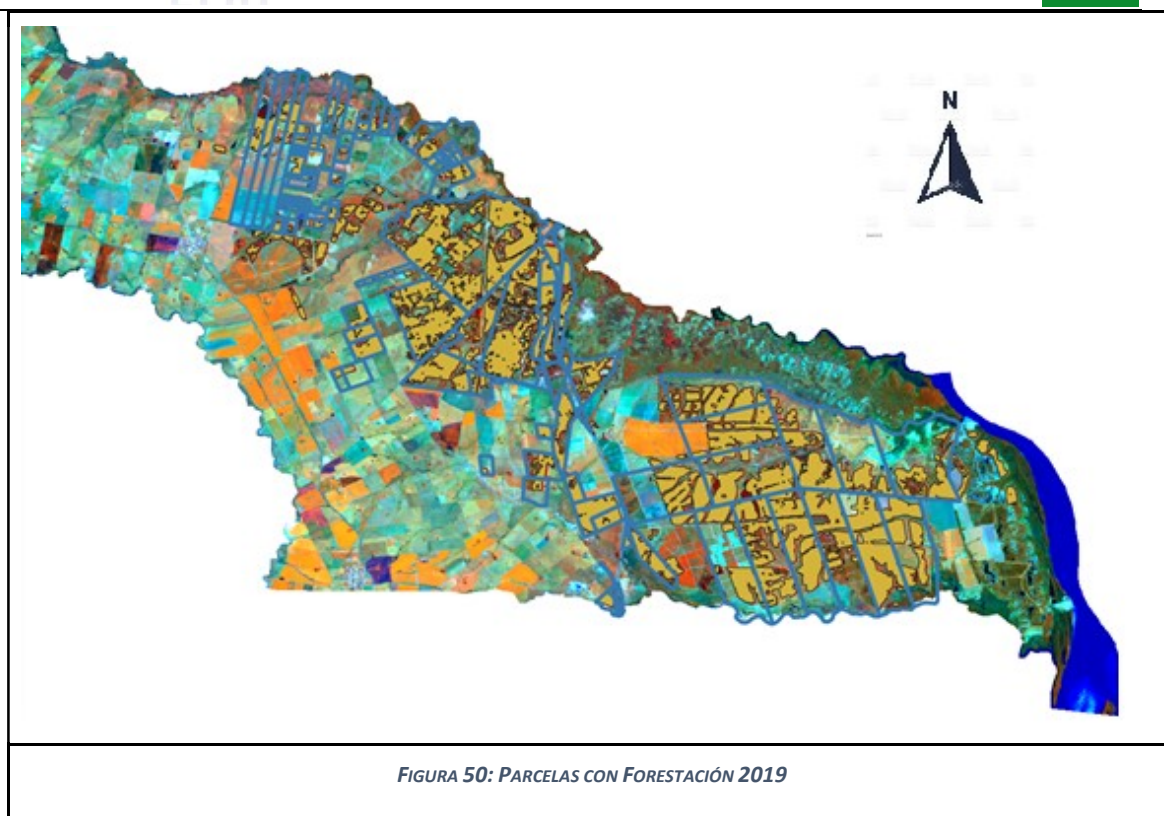
Actividad forestal

En las siguientes imágenes se muestran las Parcelas con Exenciones Otorgadas en 2019.



En el grafico anterior se pueden observar, líneas rojas las cuales son las delimitaciones de las parcelas catastrales que tienen exención en algún porcentaje, y los parches marrones indican las regiones con forestación determinadas por el proceso propuesto:

- Rojo y marrón, son parcelas con partidas catastrales que poseen una exención vigente y se las clasificó como tal.
- Rojo, solo parcelas con partidas catastrales con exención, pero la clasificación determino que no tiene forestación, al menos al momento del rango de fechas de las imágenes utilizadas en el proceso.
- Marrón, la clasificación determinó que tiene forestación, al menos durante el rango de fechas de las imágenes utilizadas en el proceso, pero a su vez no tienen una exención otorgada.



Visualizando el gráfico anterior, las líneas azules muestran las parcelas catastrales que, según la clasificación, podrían tener exenciones en algún porcentaje, ya que los parches marrones indican las regiones con forestación determinadas por el proceso del método propuesto.

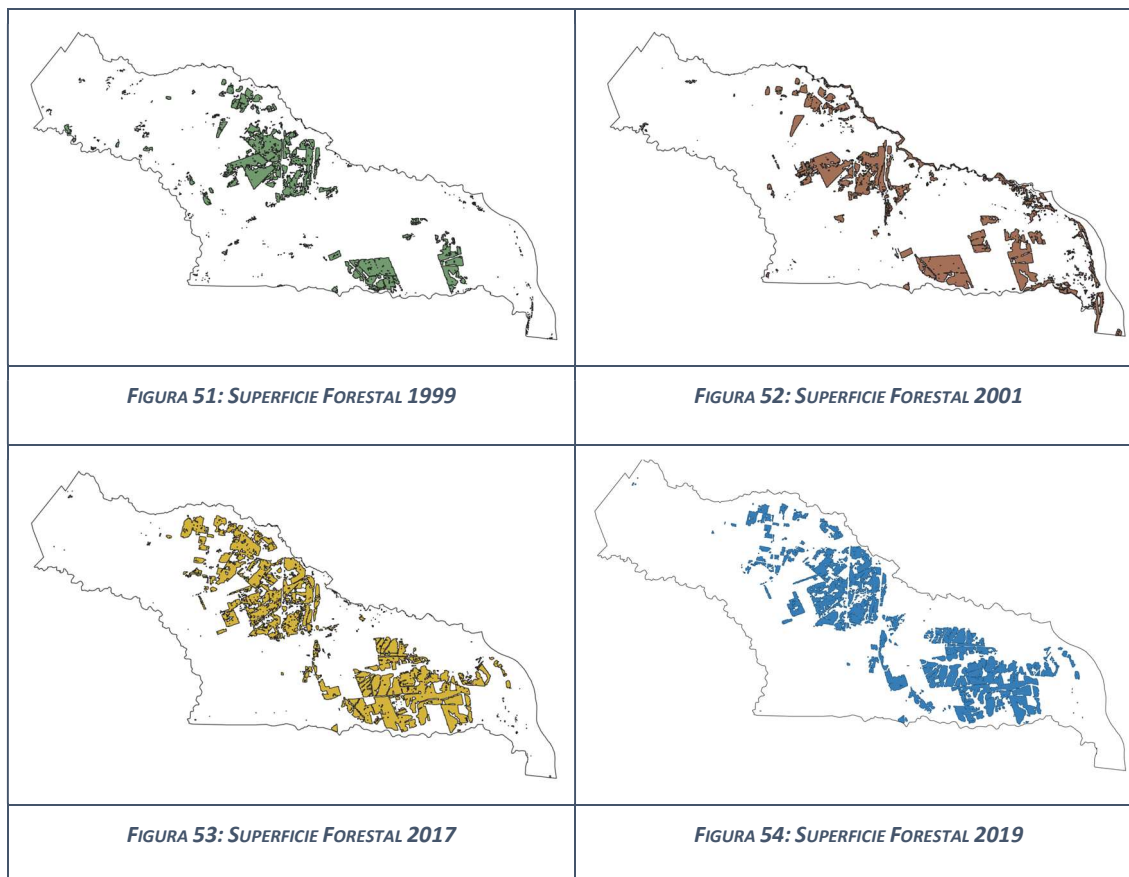
Cambios espacio-temporales en las superficies de las plantaciones

Variaciones multitemporales de superficies

Otro de los supuestos de este trabajo, fue llevar a cabo una comparación multitemporal con Landsat a partir del año 1.999 y contrastar cómo ha evolucionado la actividad a partir de la sanción de las leyes nacionales y provinciales de promoción forestal, que en líneas generales más allá de los vaivenes económico-sociales por los que ha atravesado el país y la región, han impulsado la actividad forestal como se demuestra en la tabla siguiente.

Año	Sup. Forestal Calculada (Has)
1999	3503,05
2001	4719,87
2017	6987,78
2019	6363,41

TABLA 10: SUPERFICIE FORESTAL CALCULADA PARA EL DISTRITO CUARTO
SEGÚN LA METODOLOGÍA DESARROLLADA EN ESTE TRABAJO.



Si se procede a fusionar las capas anteriores, se puede observar que la superficie forestal fue creciendo a partir del año 1.999 (Figura 55):

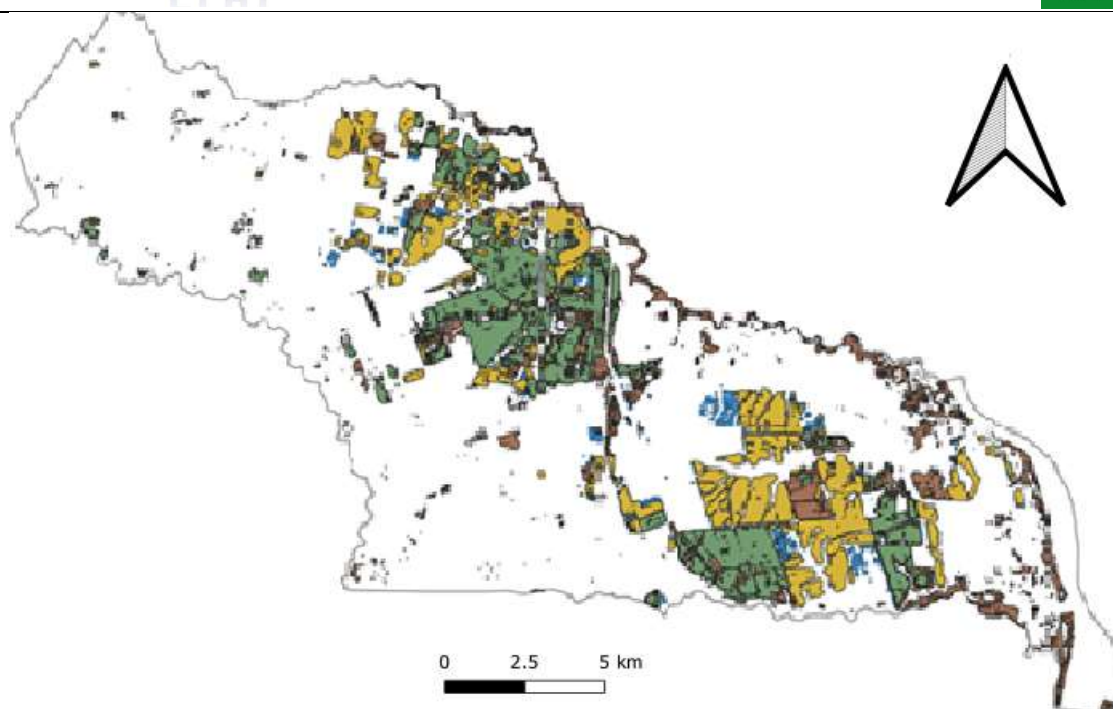


FIGURA 55: ÁREA FORESTAL DESDE 1999 A 2019

También se pueden ver los datos, de forma tabular:

Año	Sup. Forestal Calculada (Has)
1999	3503,05
Hasta 2001	5754,62
Hasta 2017	9437,28
Hasta 2019	10005,61

TABLA 11: SUPERFICIE FORESTAL CALCULADA ACUMULADA POR AÑO PARA EL DISTRITO CUARTO SEGÚN LA METODOLOGÍA DESARROLLADA EN ESTE TRABAJO.

Comportamiento de imágenes Landsat vs Sentinel

Debido al surgimiento de una nueva generación de satélites de observación de la Tierra de resolución media (10-30m) y acompañada a la gran cantidad que ha entrado en funcionamiento durante los últimos años, se pudo comparar los resultados del uso en este campo de las imágenes Sentinel-2 contra los resultados de las imágenes de Landsat 8, para un período específico como lo fue el año 2.019.

En lo que respecta al comportamiento de **los dos tipos de imágenes** en la precisión de los datos obtenidos, son muy buenas. Como se observa en otros trabajos (Picone, 2017) se ha demostrado que el resultado en la comparabilidad de ambos sensores es alta.

Por otra parte, se muestra una comparativa con casos puntuales de resultados sobre los datos anteriores entre las plataformas Landsat 8 y Sentinel 2.

Landsat 8

Clave-Partida	Exención Seg./Cert.	Clasif. 2019	Clasif. 2019 Filtro 3x3	Clasif. 2019 Filtro 5x5	Clasif. 2019 Filtro 7x7
01-30517/5	61.56ha	26.41ha	27.57ha	28.38ha	27.94ha
01-32264/6	441.27ha	299.66ha	314.44ha	325.24ha	335.73ha
01-30958/4	29.16ha	22.69ha	23.51ha	24.30ha	24.02ha
01-130838/4	20.30ha	23.89ha	23.52ha	24.30ha	24.02ha

*TABLA 12: EJEMPLOS DE CASOS UTILIZANDO L8
SEGÚN LA METODOLOGÍA DESARROLLADA EN ESTE TRABAJO.*

Sentinel 2

Clave-Partida	Exención Seg./Cert.	Clasif. 2019	Clasif. 2019 Filtro 3x3	Clasif. 2019 Filtro 5x5	Clasif. 2019 Filtro 7x7
01-30517/5	61.56ha	36.50ha	29.07ha	29.81ha	30.25ha
01-32264/6	441.27ha	337.15ha	371.30ha	324.71ha	331.84ha
01-30958/4	29.1662ha	24.58ha	26.39ha	23.82ha	24.90ha
01-130838/4	20.30ha	22.65ha	15.94ha	16.56ha	15.57ha

*TABLA 13: EJEMPLOS DE CASOS UTILIZANDO SENTINEL 2
SEGÚN LA METODOLOGÍA DESARROLLADA EN ESTE TRABAJO.*

Aplicación y estudio de las Exenciones Tributarias

En base a las exenciones otorgadas anualmente se puede ver que las cantidades y las superficies de hectáreas de plantaciones, han mantenido un crecimiento sostenido hasta el año 2.017.

La siguiente gráfica de área muestra la cantidad de exenciones forestales por año desde 1.999 al 2.019 durante veinte años, se puede observar que la cantidad de exenciones aumentaron ligeramente desde el año 1.999 hasta el año 2.008, luego se produce un cambio

rápido hasta el 2.010. A partir de ahí vuelve a mantener un aumento ligero hasta el 2.014 en que vuelve a caer hasta la actualidad. Viendo junto con la gráfica, la línea de tendencias refleja que el aumento sigue siendo sostenido más allá de los vaivenes de los distintos periodos.

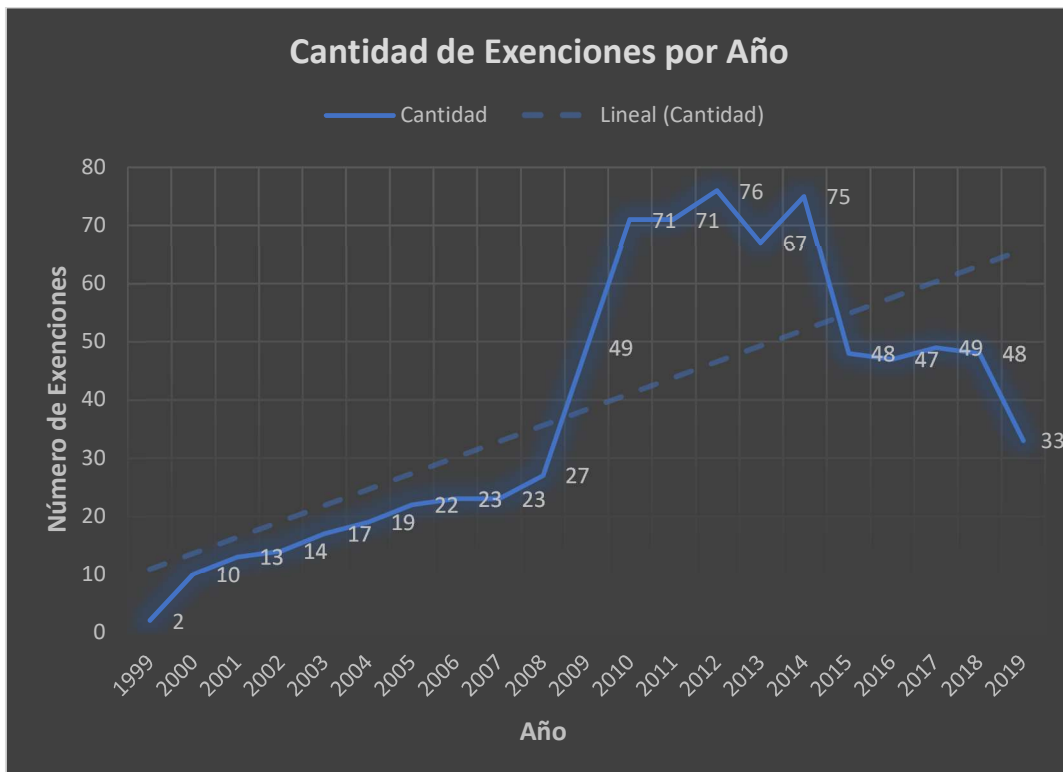


FIGURA 56: CANTIDAD DE EXENCIONES POR AÑO DESDE 1999 AL 2019.

Luego si observamos la gráfica de líneas siguiente, en la cual se muestra la relación de las Hectáreas forestadas, según las exenciones forestales por año, desde 1.999 al 2.019, se visualiza que las superficies totales en Hectáreas aumentaron ligeramente desde el año 1.999 hasta el año 2.017, momento en el cual se reduce la intensidad de crecimiento, y comienza a mantener un descenso hasta la actualidad. Agregando una línea de tendencias, la misma refleja que el aumento sigue siendo sostenido más allá de los vaivenes económicos-sociales de los distintos periodos.

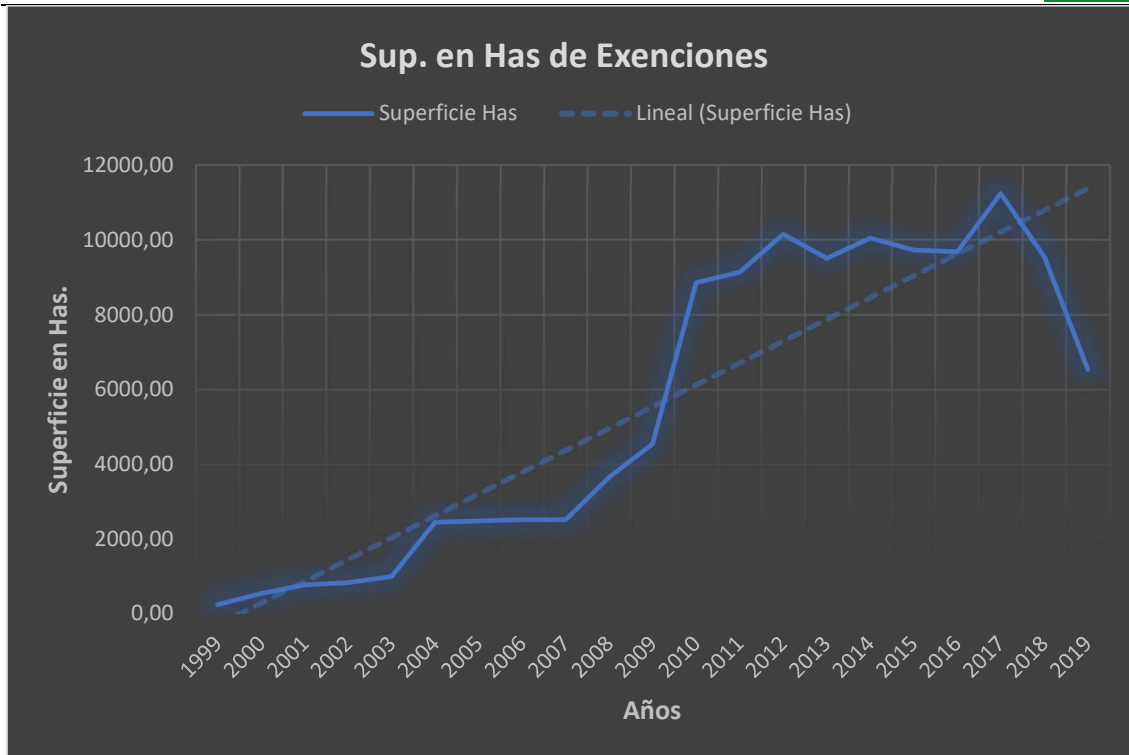


FIGURA 57: SUPERFICIE EN HECTÁREAS DE LAS EXENCIONES POR AÑO DESDE 1999 AL 2019.

VI. II Conclusiones

Puede concluirse que el desarrollo de un proceso metodológico de identificación semi-automatizado de áreas forestales utilizando tecnología en la nube, generó resultados muy satisfactorios. Dicho protocolo es fácilmente replicable en otras áreas geográficas de manera semi-automática.

En primera medida, en este estudio se reconoce y se hace notoria la importancia del uso de la percepción remota para la identificación de áreas a gran escala reduciendo los tiempos de control y validación que de otra manera sería casi inviable. También, cabe aclarar que este es un campo de estudio el cual está en una constante expansión, pero a la vez es muy extenso, principalmente dado en la actualidad por la masificación de los servicios web, junto con los beneficios de disponibilidad de datos, almacenamiento y procesamiento en la nube, los cuales proporcionan un acceso a información a nivel global y general, no solo a los efectos de un uso específicamente técnico de investigación, sino que los disponibiliza al usuario común.

Luego de revisar el diseño del proceso completo y ver cómo se logra obtener un alto grado de fiabilidad, lo cual nos permite validar el método propuesto y replicar el trabajo anterior, dados los resultados a partir de los cruces observados y las exenciones otorgadas oportunamente, podemos decir que por lo menos en lo que respecta al área de interés de este trabajo no se encontraron diferencias sustanciales entre el uso y aplicación de los procesos de filtrado, tanto para los productos de Landsat 8 como los de Sentinel 2. Por lo tanto, se puede realizar el trabajo solamente con las imágenes clasificadas en bruto.

El método propuesto en este trabajo se acota un área de pruebas en el Distrito Cuarto del Departamento Colón, pero cabe aclarar que este trabajo es replicable a las plantaciones forestales distribuidas en la cuenca Entrerriana del Río Uruguay.

Con esta información resultante, será posible a través del *Visor Catastral Web* la carga del resultado de las clasificaciones y una superposición con el parcelario catastral, mediante el cual se mostrará cuáles serían las partidas que poseen ciertamente forestación o lo indican con un grado de certeza, lo que implicaría una herramienta más de control del estado de las plantaciones-exenciones.

En lo que respecta al otorgamiento actual de las exenciones se puede demostrar que la problemática con respecto al certificaciones y exenciones está, y de tal manera se justifica definir un procedimiento metodológico, el cual se plantea en este documento, dicho método es fácilmente repetitivo brindando las herramientas para que periódicamente permita controlar las exenciones otorgadas y por tramitar. Posibilitando validaciones tanto de titularidad, superficies e inscripciones como la correcta ubicación y determinación de las superficies efectivamente ocupadas por el bosque implantado más la superficie aledaña afectada al proyecto forestal.

En cuanto a la diferenciación de la utilización de productos de imágenes de Landsat vs Sentinel 2: no hay demasiada variación entre los resultados de las imágenes, si en lo que respecta a lo declarado y lo calculado. Con respecto a lo calculado por la metodología queda a observación de la persona que esté llevando a cabo el proceso de que puede haber alguna plantación recién implantada o bien recién talada, con lo cual puede existir alguna diferencia

entre la situación actual y la situación observada en el producto de imágenes. Para los casos de duda se puede utilizar un script: [emt2oliHarmonization_byYear.js](#) que permite comparar los índices NDVI temporalmente (interanuales) en un punto geográfico, al presentar una serie de coeficientes de armonización que hacen comparables las imágenes Landsat ETM+ contra las imágenes del sensor Landsat OLI, y de esa manera obtener en líneas generales que pudo haber pasado en ese histórico puntual.

Se puede observar que al comparar las superficies en Has. de las clasificaciones, y al analizar los datos en la totalidad del área de forestación total, siguió en aumento ya que la superficie total de forestaciones mantuvo un crecimiento desde los orígenes de la sanción de las leyes nacionales y provinciales; hasta la fecha de este trabajo.

Por otro lado, en lo que respecta a la comparativa de imágenes de Satélite se puede decir que el nivel de detalle de las imágenes satelitales del sensor de Sentinel MSI es central para mejorar el análisis de mayor escala. Las imágenes del sistema Landsat son de gran importancia por su larga data y por los numerosos trabajos que existen que hacen comparables los resultados de los distintos sensores de toda la misión Landsat lo cual brinda una disponibilidad de imágenes de 40 años. Pero, por otra parte, sí es notable la mayor disponibilidad de imágenes del satélite Sentinel 2 MSI, lo cual hace que su utilización permita obtener mayor cantidad de imágenes en un mismo periodo de tiempo, en comparación con la utilización de Landsat 8 OLI.

Después de la experiencia recabada a lo largo del trabajo, se recomienda la aplicación de esta metodología en áreas homogéneas en cuanto a tipos y tamaños suficiente para su correcta discriminación e identificación de áreas. Como complemento se puede utilizar información de otros sensores que puedan auxiliar en el proceso inicial de exploración o incluso el registro de valores aleatorios de plantaciones tomadas directamente en campo para la identificación puntual de las zonas registro, como regiones de interés.

ANEXO 1: REFERENCIAS

- (Aceñolaza et al., 2.013)** Aceñolaza, Pablo Gilberto; Rodriguez, Estela Elizabeth; Diaz, Diana. 2013. Efecto de prácticas de manejo silvícola sobre la diversidad vegetal bajo plantaciones de Eucalyptus Grandis; Iguazú; Actas 4to Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano; 9-2013.
- (AFOA, 2.018)** https://www.afoa.org.ar/web/folleto_afoa_interactivo.pdf - Online - Visitado el 10-02-2019
- (Agroindustria, 2.017)** Inventario Nacional de Plantaciones Forestales - Inventario Forestal Permanente de los Bosques Implantados - ENTRE RÍOS - ÁREA CONTINENTAL - - http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/70444/Documento_completo.pdf-PDFA1b.pdf?sequence=1&isAllowed=y - Online - Visitado el 03-03-2019.
- (Agroindustria, 2.019)** - CARACTERÍSTICAS DE LA REGIÓN - Entre Ríos – Ministerio de Agroindustria – Presidencia de la Nación - <http://forestoindustria.magyp.gob.ar/archivos/informacion-por-region/entre-rios.pdf> - Online - Visitado el 10-02-2019.
- (AGROINDUSTRIA, DFI)** Visualizador de Datos estadísticos – Serie Extracciones de eucalipto y coníferas en Entre Ríos – Años 2000 a 2016 https://agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_desarrollo_foresto_industrial/visualizadores/extracciones/iframe/index.php?accion=iframe - Online - Visitado el 10-02-2019.
- (Alvarado, 2.009)** La expansión forestal en el Cono Sur, Raquel Alvarado: Revista Nueva Sociedad No 223, septiembre-octubre de 2009, ISSN: 0251-3552 - http://nuso.org/media/articulos/downloads/3633_1.pdf - Online - Visitado el 10-02-2019.
- (Arthur, 2.007)** Arthur, David & Vassilvitskii, Sergei. (2007). K-Means++: The Advantages of Careful Seeding. Proc. of the Annu. ACM-SIAM Symp. on Discrete Algorithms. 8. 1027-1035. 10.1145/1283383.1283494.
- (Brizuela, 2.006)** - Brizuela, A.B. Síntesis climática de Entre Ríos. Descripción y efectos (pp. 185-202) - "El arroz: su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos" René A. Benavidez 1ra. Ed. Concepción del Uruguay, UNER. Edición conjunta EDUNER y Ediciones UNL, 2006 Vol. 1: 326 p. - Vol. 2: 414 p. I.S.B.N.: (obra completa) 978-950-698-167-9978-85-7805-041-2.
- (Chacra, 2018)** <http://www.revistachacra.com.ar/nota/21602-argentina-tiene-potencial-para-crecer-en-forestaciones/> - Online - Visitado el 02-03-2019.
- (Chander et al. 2009)** Gyanesh Chander, Brian L. Markham y Dennis L.Helder - Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors – doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>
- (Chuvienco, 2.008)** Chuvienco Salinero, Emilio - "Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio" - Barcelona - 2008 - Editorial Ariel Ciencia - 3ra. ed. actualizada - ISBN:9788434480733 - 594 pags.
- (Dean & Ghemawat, 2008)** - Big Data Analysis in Smart Manufacturing: A Review - [https://www.scirp.org/\(S\(vtj3fa45qm1ean45vffcz55\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferencelD=2019820](https://www.scirp.org/(S(vtj3fa45qm1ean45vffcz55))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferencelD=2019820) - International Journal of Communications, Network and System Sciences, Vol.10 No.3, March 31, 2017.

- (DeWitt & Stonebraker, 2008)** MapReduce: A major step backwards - <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.701.5795&rep=rep1&type=pdf> - Online - Visitado el 03-03-2019.
- (EASTMAN, 2.003)** EASTMAN, Ronald. J. (RAVELO, Andrés C. Ed.) IDRISI Kilimanjaro. Guía para SIG y procesamiento de imágenes. Córdoba: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Córdoba. 2003, 291 págs.
- (Entre Ríos, 2.018)** La provincia apuesta al desarrollo forestal - <http://noticias.entrerios.gov.ar/notas/la-provincia-apuesta-al-desarrollo-forestal.htm> - Online - Visitado el 01-02-2019.
- (ESA, 2.017)** MultiSpectral Instrument (MSI) Overview - <https://earth.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/msi-instrument> - Online - Visitado el 11-02-2019.
- (ESA, Landsat Firmas)** Firmas espectrales del suelo, la vegetación y el agua, y bandas espectrales de Landsat 7 - https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Disasters_ES/SEMFZR66AQH_0.html#subhead5 - Online - Visitado el 19-04-2020.
- (FAO, 2.016)** DATOS Y CIFRAS GLOBALES DE PRODUCTOS FORESTALES 2016, <http://www.fao.org/3/i7034ES/i7034es.pdf> - Pagina 13 - Online - Visitado el 10-02-2019.
- (GEE, CloudScore)** Landsat Algorithms - Simple cloud score - <https://developers.google.com/earth-engine/landsat#simple-cloud-score> - Online - Visitado el 19-04-2020.
- (GEE, Clustering)** Documentación oficial GEE Clasificación no supervisada (agrupamiento) - <https://developers.google.com/earth-engine/clustering> - Online - Visitado el 19-04-2020.
- (GEE, Editor)** - Earth Engine Code Editor - <https://developers.google.com/earth-engine/playground> - Online - Visitado el 19-04-2020.
- (GEE, Landsat)** Landsat Collections - <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/landsat/> - Online - Visitado el 03-03-2019.
- (GEE, Sentinel)** <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/sentinel/> - Online - Visitado el 03-03-2019.
- (Ghemawat et al. 2003)** The Google File System - Sanjay Ghemawat; Howard Gobioff y Shun-Tak Leung – Año 2003 - Proceedings of the 19th ACM Symposium on Operating Systems Principles – Paginas 20-43.
- (Ghemawat, Gobioff y Leung, 2003)** The Google File System. Proceedings of the Nineteenth ACM Symposium on Operating Systems Principles, 29–43. <https://doi.org/10.1145/945445.945450>.
- (GIRSU, 2.014)** Plan Provincial de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) para la Provincia de Entre Ríos, 2.014 - Sec. de Ambiente – Capítulo 2 – Aspectos Biofísicos – Pagina 5 - <https://www.entrerios.gov.ar/ambiente/index.php?codigo=77&codsubmenu=87&menu=menu&modulo=> - Online - Visitado el 10-02-2019.
- (Gorelick et al. 2017)** Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone – Noel Gorelicka; Matt Hancherb; Mike Dixon y otros - <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031> <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425717302900>

(IDCDV, 2.016) INFORMES DE CADENAS DE VALOR AÑO 1 - N° 14 – Octubre 2016
https://www.economia.gob.ar/peconomica/docs/2017/SSPE_Cadena_de_Valor_Forestal_papel_muebles.pdf - Online - Visitado el 10-02-2019.

(IEEE, 2.016) - DISTANCES IN CLASSIFICATION - CAFÉ SCIENTIFIQUE - 07/01/2016 -
<http://www.ieee.ma/uasb/pdf/distances-in-classification.pdf> - Online - Visitado el 20-04-2020.

(INTA, 1.993) Carta de Suelos de la República Argentina, Departamento Concordia, Provincia de Entre Ríos. Serie de Relevamiento de Recursos Naturales 10: 197 pp.

(INTA, 2.007) Caracterización de zonas y subzonas RIAP Entre Ríos - Osvaldo Paparotti y Jorge Gvozdenovich - RIAN-RIAP – Centro Regional Entre Ríos INTA -
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_caracterizacin_zonas_y_subzonas_entre_ros.pdf - Online - Visitado el 10-02-2019.

(Inventario Forestal, 2.008) GENERACIÓN DE BASES GEOMÉTRICAS PARA LA GEORREFERENCIACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES -
<http://areasigeinventarioforestal.blogspot.com/p/metodologias-sig-teledeteccion.html> - Online - Visitado el 03-03-2019.

(Ley N° 25.080, 1.998) - Ley de Inversiones para Bosques Cultivados -
https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_desarrollo_foresto_industrial/promocion/archivos/000000_Informaci%C3%B3n%20y%20Normativa/000001_Leyes/000000_Ley%20N%C2%B0%2025.080%20-%20Inversiones%20para%20bosques%20cultivados.pdf - Online - Visitado el 02-03-2019.

(Ley N° 26.432, 2.008) - Prórroga y reforma de la Ley N° 25.080 -
https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_desarrollo_foresto_industrial/promocion/archivos/000000_Informaci%C3%B3n%20y%20Normativa/000001_Leyes/000000_Ley%20N%C2%B0%2026.432%20-%20Pr%C3%B3rroga%20y%20reforma%20de%20la%20Ley%20N%C2%B0%2025.080.pdf - Online - Visitado el 02-03-2019.

(Ley N° 27.487, 2.018) -Inversiones Forestales. Prorroga y modificación Ley N° 25.080 -
https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_desarrollo_foresto_industrial/promocion/archivos/000000_Informaci%C3%B3n%20y%20Normativa/000001_Leyes/000000_Ley%20N%C2%B0%2027.487%20-%20Inversiones%20Forestales.%20Prorroga%20y%20modificacion%20Ley%20N%C2%B0%2025.080.pdf - Online - Visitado el 02-03-2019.

(Ley N° 8.672, 1.993) LEY N° 8.672 DE VALUACIONES - Entre ríos -
<https://www.entrerios.gov.ar/catastro/v2/leyes/ley8672.pdf> - Online - Visitado el 19-08-2019.

(Ley N° 9.243, 2.000) Adhesión la provincial a la Ley Nacional N° 25.080 -
http://www.entrerios.gov.ar/minpro/userfiles/files/REC%20NATURALES/FORESTACION/Ley_9243_Adhesion_Prov_%20a_25080.pdf - Online - Visitado el 03-03-2019.

(Litoriya, 2.012) Litoriya, Ratnesh. (2012). Comparison of the various clustering algorithms of weka tools. 2. 73-80.

(MacQueen, 1.967) MacQueen, J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and

- Probability, Volume 1: Statistics, 281--297, University of California Press, Berkeley, Calif., 1967. <https://projecteuclid.org/euclid.bsm/1200512992> -- Online - Visitado el 03-03-2019.
- (MAGyP, 2.018)** <https://www.argentina.gob.ar/noticias/sancionaron-la-prorroga-de-la-ley-25080-de-inversiones-para-los-bosques-cultivados> - Online - Visitado el 10-02-2019.
- (NASA, 2013)** Landsat 8 Bands - <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/> - Online - Visitado el 11-02-2019.
- (Nativo, 2.004)** Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Proyecto de Bosques Nativos y Áreas Protegidas BIRF 4085-AR (2004), "Manual de Teledetección". Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos y Sistema Nacional de Evaluación Forestal. Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación, Buenos Aires, Argentina.
- (Navone et al. 2003)** Navone, S.M. (coord.) 2003. Sensores Remotos aplicados al estudio de los recursos naturales. Editorial de la Facultad de Agronomía – UBA. Buenos Aires.
- (OGC SFS, 2.010)** OpenGIS - Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option - OGC 06-104r4 - Version: 1.2.1 <https://www.ogc.org/standards/sfs> - Online - Visitado el 10-09-2020.
- (Pavlo et al., 2009)** A Comparison of Approaches to Large-Scale Data Analysis - Proceedings of the 2009 ACM SIGMOD International Conference on Management of data - Pages 165-178 - June 29 - July 02, 2009 - ISBN: 978-1-60558-551-2 doi>10.1145/1559845.1559865
- (Picone, 2017)** Picone, Natasha. (2017). COMPARACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES SENTINEL 2 Y LANDSAT 8 EN EL ESTUDIO DE ÁREAS URBANAS.
- (Postgis, 2.011)** P. Ramsey, Postgis manual. <http://postgis.refractor.net/>, 2011. - Online - Visitado el 21-09-2019.
- (qgis gee, 2020)** qgis-earthengine-plugin - Integrates Google Earth Engine and QGIS using Python API - <https://gee-community.github.io/qgis-earthengine-plugin/> - Online - Visitado el 03-09-2020
- (Sidhu et al. 2018)** Nanki Sidhu, Edzer Pebesma & Gilberto Câmara - Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case - European Journal of Remote Sensing - 51:1 - 486-500 - DOI: 10.1080/22797254.2018.1451782 - <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1451782> - Online - Visitado el 03-03-2019.
- (WEKA, Alg)** Plataforma de software para el aprendizaje automático y la minería de datos escrito en Java y desarrollado en la Universidad de Waikato. Software libre distribuido bajo la licencia GNU-GPL. - <https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/> - Online - Visitado el 19-04-2020.
- (wekaKMeans)** - ee.Clusterer.wekaKMeans - https://developers.google.com/earth-engine/api_docs#eeclustererwekakmeans - Online - Visitado el 20-04-2020.
- (Wu, Q., 2020)**. geemap: A Python package for interactive mapping with Google Earth Engine. The Journal of Open Source Software, 5(51), 2305. <https://doi.org/10.21105/joss.02305> - <https://giswqs.github.io/geemap/> - Online - Visitado el 03-09-2020

ANEXO 2: GLOSARIO Y TÉRMINOS

- AFOA: Asociación Forestal Argentina.
- API: Application Programming Interface o Interfaz de Programación de Aplicaciones.
- ATER: Administradora Tributaria de Entre Ríos.
- CerFoAr: Certificación Forestal Argentina.
- CUIT: Clave Única de identificación Tributaria.
- DBF: archivo de base de datos dBase, normalmente acompaña al archivo SHP conteniendo los atributos alfanuméricos de las características geográficas.
- DN: números digitales (*digital number*).
- DSA: Departamento de Sistemas de Aplicación – Dirección de Informática - ATER.
- DSI: Dirección de Sistemas Informáticos - ATER.
- ETM: Enhanced Thematic Mapper
- ETM+: Enhanced Thematic Mapper Plus
- EVI: Índice Mejorado de Vegetación
- FAIMA Federación Argentina de la Industria de la Madera y Afines.
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FAOSTAT: The Statistics Division of the FAO.
- GEE: Google Earth Engine.
- GIRSU: Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos.
- GNU GPL (General Public License): La Licencia Pública General de GNU o más conocida por su nombre en inglés GNU General Public License es una licencia de derecho de autor ampliamente usada en el mundo del software libre y código abierto, y garantiza a los usuarios finales la libertad de usar, estudiar, compartir y modificar el software.
- I.I.B.B.: impuesto que corresponde a las actividades autónomas, actos u operaciones que consiste en la aplicación de un porcentaje sobre la facturación independientemente de su ganancia.
- IDE: Integrated Development Environment - Entorno de Desarrollo Integrado.
- INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.
- MDF: Medium Density Fibreboard o Tablero de mediana densidad.
- MDP: Medium Density Particleboard o tablero de densidad media de partículas.
- MERCOSUR: Mercado Común del Sur.
- MODIS: Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer.
- MSI: MultiSpectral Instrument.
- ND: Número digital.
- NDVI: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.
- NIR: infrarrojo próximo.
- OLI: Operational Land Imager.
- PARCELAS URBANAS: Se consideran parcelas urbanas a las que se encuentran ubicadas dentro de los límites de las plantas urbanas de los Municipios y Juntas de gobierno, o en aquellos planos

oficiales registrados o aprobados por la Dirección de Catastro de los trazados de pueblos y colonias donde se encuentre delimitadas dichas plantas. Asimismo, se considerarán como parcelas urbanas a loteo o situaciones de hecho existentes que integren manzanas o unidades equivalentes.

PARCELAS SUBRURALES: Se consideran parcelas subrurales a las que se encuentran ubicadas dentro de los ejidos municipales, no siendo urbanas, y no superen una superficie máxima, la que será fijada por el Poder Ejecutivo en cada Municipio.

PARCELAS RURALES: Se consideran parcelas rurales todas aquellas que no estén encuadradas en la categoría de urbanas y subrurales.

PETABYTE: unidad de almacenamiento de información cuyo símbolo es PB, y equivale a 10^{15} bytes = 1 000 000 000 000 000 de bytes.

PostGIS: extensión la cual convierte al sistema de administración de bases de datos PostgreSQL en una base de datos espacial mediante la adición de tres características: tipos de datos espaciales, índices espaciales y funciones que operan sobre ellos.

PostgreSQL o Postgres: sistema de gestión de bases de datos relacional orientado a objetos. Publicado bajo la licencia PostgreSQL.

RIAN: Red de Información Agropecuaria Nacional.

RIAP: Red de Información Agropecuaria Pampeana.

SAT: Sistema de Administración Tributaria - ATER.

SENASA: Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria.

SGBD: Sistema Gestor de Base de Datos.

SHP: El formato ESRI Shapefile es un formato propietario, que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas.

SIG: Sistema de Información Geográfica.

SQL: Structured Query Language - lenguaje de consulta estructurada - Lenguaje de dominio específico utilizado en programación, diseñado para administrar, y recuperar información de sistemas de gestión de bases de datos relacionales.

SWIR: infrarrojo medio.

TIFF: Tagged Image File Format - Formato de archivo para almacenar imágenes de mapa de bits.

TIRS: Thermal Infrared Sensor.

TM: Thematic Mapper.

TOA: reflectancia a tope de atmósfera.

USGS: Servicio Geológico de los Estados Unidos, por sus siglas en inglés.

VIS: Espectro del Visible.

ANEXO 3: GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Especies que se cultivan en Argentina - (Fuente, AFOA, 2018	5
Figura 2: Distribución de las plantaciones forestales. (Fuente, Entre Ríos, 2.018).	6
Figura 3: Extracciones de eucalipto y coníferas en Entre Ríos – Años 2000 al 2016. (AGROINDUSTRIA, 2.017)	6
Figura 4: Cadena de valor de la Foresto Industria - (Fuente, (AFOA, 2.018)).....	7
Figura 5: Mapa de plantaciones forestales – (Agroindustria, 2.017).....	11
Figura 6: Ubicación del Distrito 4to. del departamento Colón - E.R.....	12
Figura 7: Arquitectura MapReduce (Sidhu et al. 2018).....	20
Figura 8: Catálogo masivo de datos públicos en línea Google Earth Engine.	21
Figura 9: Funciones de distancia: Euclidean y Manhattan. (IEEE, 2.016)	24
Figura 10: Jerarquía de geometrías en Postgis. (Postgis, 2.011)	25
Figura 11: Etapas de trabajo propuestas.	27
Figura 12: Diagrama de componentes del editor de código de Earth Engine	28
Figura 13: Puntos sobre Mosaico de Clasificación Landsat 8 2017 composición 5-6-4.	32
Figura 14: Puntos sobre el cluster resultado de la clasificación.	32
Figura 15: Exportación de datos de GEE, se pueden observar trabajos con	35
Figura 16: Mosaico Colón FCC 453 - Distrito Cuarto - Landsat 5 - 2001	36
Figura 17: Colón - Distrito Cuarto - Resultado de Clasificación 2 clases con Landsat 5 - 2001 ...	36
Figura 18: Opción Ráster ▶ Calculadora Ráster permite realizar cálculos sobre la base de valores de píxeles de un ráster existente.....	36
Figura 19: Resultado archivo: region_BA01_comp.tif superpuesto con el Mosaico Colón FCC 453.....	36
Figura 20: Clickeamos en Caja de Herramientas de procesos ▶ r.reclass	37
Figura 21: Ventana con Opciones del módulo r.reclass	37
Figura 22: Resultado del proceso r.reclass - region_BA17_wekaInit_20_2_manhatan_sum_rec.tif.....	37
Figura 23: Resultado del proceso r.reclass - Ampliado	37
Figura 24: Accedemos mediante la Caja de Herramientas de procesos ▶ r.neighbors	38
Figura 25: Ventana con Opciones del módulo r.neighbors	38
Figura 26: Resultado del proceso r.neighbors - region_BA01_wekaInit_20_2_manhatan_sum_rec_ftl3x3.tif.....	38
Figura 27: Resultado del proceso r.neighbors - Ampliado	38
Figura 28: Hacemos clic en Ráster ▶ Conversión ▶ Poligonizar (Ráster a vectorial Vector).....	39
Figura 29: Obtenemos la siguiente capa vectorial con todas las clases exportadas, para este caso region_ba01_bina.shp	39
Figura 30: Acceso a la herramienta Seleccionar por expresión.....	39
Figura 31: Resultado Seleccionar por expresión.....	39
Figura 32: Activar la capa en modo edición.	40
Figura 33: Borrado de los campos seleccionados.....	40
Figura 34: Inicialización del plugin Administrador de BBDD.	40
Figura 35: Opción importar capa/archivo.	40
Figura 36: Vista general de pgAdmin 4	41
Figura 37: Vista general de archivo listado de trámites para Exenciones.....	47

<i>Figura 38 Parámetros de la opción Vectorial ▶ Herramientas de Investigación ▶ Puntos Regulares.....</i>	48
<i>Figura 39: Resultado de la opción de puntos regulares puntos_control.shp</i>	48
<i>Figura 40: Parámetros de la opción recorte Vectorial ▶ Herramientas de Geoproceso ▶ Cortar</i>	48
<i>Figura 41: Resultado de la opción recorte puntos_control_reco.shp.....</i>	48
<i>Figura 42: Vista general de los puntos y su distribución en el distrito</i>	49
<i>Figura 43: Edición de los datos de un punto específico.....</i>	49
<i>Figura 44: Edición de los datos del el archivo colon_ptos_control_2.dbf</i>	51
<i>Figura 45: Visualización de los datos del el archivo colon_ptos_control_3.shp.....</i>	51
<i>Figura 46: Visualización de la distribución de las categorías de los puntos de muestreo.....</i>	53
<i>Figura 47: Metodología de protocolo final propuesta</i>	54
<i>Figura 48: Fiabilidad estimada comparando Landsat 8 con Sentinel 2.....</i>	61
<i>Figura 49: Parcelas con Exenciones 2019.....</i>	63
<i>Figura 50: Parcelas con Forestación 2019.....</i>	64
<i>Figura 51: Superficie Forestal 1999</i>	65
<i>Figura 52: Superficie Forestal 2001</i>	65
<i>Figura 53: Superficie Forestal 2017</i>	65
<i>Figura 54: Superficie Forestal 2019</i>	65
<i>Figura 55: Área Forestal desde 1999 a 2019.....</i>	66
<i>Figura 56: Cantidad de exenciones por año desde 1999 al 2019.....</i>	68
<i>Figura 57: Superficie en hectáreas de las exenciones por año desde 1999 al 2019.....</i>	69

ANEXO 4: ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Bandas espectrales Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+, Landsat-8 OLI y Sentinel-2AyB.</i>	
<i>Fuente: (NASA, 2013) (ESA, 2017)</i>	17
<i>Tabla 2: Disponibilidad de datos de los Satélites Landsat-5, Landsat-7, Landsat-8 y Sentinel-2AyB - Fuente: (GEE, Landsat) (GEE, Sentinel)</i>	18
<i>Tabla 3: Departamento Colón, total de exenciones otorgadas por año</i>	45
<i>Tabla 4: Distrito Cuarto - Departamento Colón, total de exenciones otorgadas por año</i>	46
<i>TABLA 5: DISTRITO CUARTO - DEPARTAMENTO COLÓN</i>	50
<i>Tabla 6: Distrito Cuarto - Departamento Colón Cantidad de Puntos por tipo de dato relevado.</i>	52
<i>Tabla 7: Fiabilidad estimada de cada una de las clasificaciones</i>	60
<i>Tabla 8: Fiabilidad estimada porcentual de cada una de las clasificaciones</i>	60
<i>Tabla 9: Certificaciones no aprobadas con forestación</i>	62
<i>TABLA 10: SUPERFICIE FORESTAL CALCULADA PARA EL DISTRITO CUARTO</i>	65
<i>TABLA 11: SUPERFICIE FORESTAL CALCULADA ACUMULADA POR AÑO PARA EL DISTRITO CUARTO</i>	66
<i>TABLA 12: EJEMPLOS DE CASOS UTILIZANDO L8.....</i>	67
<i>TABLA 13: EJEMPLOS DE CASOS UTILIZANDO SENTINEL 2.....</i>	67