

Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG). Revista digital del Programa de Docencia e Investigación en Sistemas de Información Geográfica (PRODISIG). Universidad Nacional de Luján, Argentina.

<http://www.revistageosig.wixsite.com/geosig> (ISSN 1852-8031)

Luján, Año 12, Número 17, 2020, Sección I: Artículos. pp. 1-16

DETECCIÓN DE CAMBIOS (2004 - 2018) EN LA ASIGNATURA SENSORES REMOTOS, FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

**Betina Zucchini - María Rosa Derguy - Anabel Lamaro - Natalia Morales -
Andrea Drozd - Sandra Torrusio**

Cátedra de Sensores Remotos, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad
Nacional de La Plata. Avenida 122 y 60 - La Plata - Buenos Aires – Argentina
bzucchini@fcnym.unlp.edu.ar

RESUMEN

La asignatura Sensores Remotos es una materia de régimen anual, presencial, con una carga horaria de 120 horas, que incorpora contenidos de Teledetección Espacial y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Desde 1983 se dicta en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), actualmente como materia optativa para las carreras de Biología, Geología y Antropología, y en la última década también como materia de postgrado. En el contexto global de los últimos 15 años se han dado fenómenos tales como la masificación de internet, la disponibilidad y democratización de datos e información geoespacial, el desarrollo de software libres y propietarios y de herramientas para la distribución de datos de manera casi ubicua en la actualidad. Este contexto ha contribuido a una transformación continua en el enfoque con que se dicta la asignatura y en el alumnado que la cursa. El objetivo del presente trabajo es describir los cambios en la composición de cursantes, uso de datos, de herramientas de *software* y recursos didácticos a lo largo del período analizado. Para esto se utilizó como información de base los listados de cursantes, que contenían los datos de carrera y modalidad de cursada (grado o posgrado); y el relevamiento de la evolución de herramientas de análisis aplicadas. Entre los cambios orientados por la cátedra durante el período de análisis se destaca la implementación de *software* libre. La diversificación de alumnos de las distintas carreras y la complejización de las herramientas de análisis aplicadas refleja la masificación de estas tecnologías.

Palabras clave: Asignatura, Sensores Remotos, SIG, Grado, Posgrado

ABSTRACT

The subject Remote Sensing is an annual course, face-to-face, with a load of 120 hours, which incorporates contents of Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS). It is taught at the School of Natural Sciences and Museum (FCNyM) since the '80s, currently as an optional subject for careers in Biology, Geology and Anthropology, and in the last decade as a postgraduate subject at the National University of La Plata. In the last 15 years the internet widespread, the availability and democratization of geospatial data and information, the development of free and proprietary software, and tools for the distribution of data has occurred in an almost ubiquitous manner nowadays. This context has contributed to a continuous transformation in the approach with which the subject is taught and in the students who study it. Our goal is to describe the changes in the composition of students, use of data, software tools and teaching resources throughout the period analyzed. Among the changes driven by the subject during the analysis period, highlights the implementation of free *software*. The diversification of students from the different careers and the complexity of the applied analysis tools reflect the widespread of these technologies.

Keywords: Subject, Remote Sensing, GIS, Graduate, Postgraduate

INTRODUCCIÓN

Se trata de una materia optativa de grado y posgrado, disponible para las distintas orientaciones de la FCNyM de la UNLP (Botánica, Zoología, Ecología, Antropología, Arqueología, Geoquímica, Geología, Paleontología) y disciplinas relacionadas por fuera de la propia Facultad, tales como Ciencias Agrarias y Forestales, Geografía, Geofísica, Maestrías en Manejo de Cuencas y en Geomática, entre otras. Sus comienzos se remontan a 1983 como Sensores Remotos (Ulibarrena, 1983), aunque la precedieron Aerofotogeología y Aerofotointerpretación desde fines de la década de los 70 con registro formal de programa en el repositorio de la biblioteca de la FCNyM (Zucolillo, 1979). El aprendizaje de estas técnicas de manejo de datos geoespaciales resulta de sumo interés y utilidad en la formación de los alumnos. Es de destacar la creciente incorporación de profesionales y técnicos que buscan en la asignatura profundizar el alcance de estas herramientas y su aplicación en sus trabajos y proyectos de sus centros, institutos y organismos de pertenencia, sirviendo la cátedra de esta manera como un punto de cooperación multidisciplinario para distintas facultades. El objetivo de la asignatura es capacitar y entrenar a los alumnos en las bases teóricas y prácticas de la Teledetección Espacial y los SIG, para la manipulación y análisis de datos georreferenciados.

La Teledetección Espacial permite introducirlos al uso de las imágenes satelitales en distintas áreas de aplicación: medioambiente, geología, antropología, emergencias naturales y antrópicas, monitoreo y manejo de recursos naturales, biodiversidad, entre otras, y conocer sus avances tecnológicos a nivel nacional e internacional.

Los SIG permiten a los alumnos integrar la información extraída a partir de los datos satelitales junto a aquella proveniente de diferentes fuentes como datos de campo,

meteorológicos, mapas temáticos; y realizar un minucioso análisis espacial de dicha integración.

Ambas tecnologías comparten su aplicabilidad en casi todos los campos de las Ciencias Naturales, sumado al acceso actual a la información geoespacial online y a la disponibilidad de programas informáticos libres que facilitan a los estudiantes y profesionales la aplicación en sus proyectos de investigación y/o laborales. Hace cinco años la cátedra cuenta con un entorno web (Aulas Web de la UNLP) que facilita el manejo del material didáctico, el acceso a tutoriales y guías y agiliza la interacción con los alumnos.

DESARROLLO

Para poder desarrollar los objetivos se estructuró la información en tres componentes:

1. **Las Variables externas o contexto global** que comprende: la evolución de las tecnologías y la disponibilidad de los datos geográficos. Con la masificación de internet, la disponibilidad y democratización de datos e información geoespacial, el desarrollo de software libres y propietarios, y de herramientas para la distribución de datos de manera casi ubicua en la actualidad. Para esto se toma como base el esquema desarrollado por Olaya (2012) con modificaciones propias (Figura 1).
2. **El Enfoque de la Asignatura** que comprende la trayectoria de la temática en la FCNyM, para esto se realizó un relevamiento en el repositorio digital de la Biblioteca Florentino Ameghino (<http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar>), utilizando como palabras clave: Aerofotointerpretación, Sensores Remotos y Geomática. Se encontraron 12 programas de asignaturas. Formalmente, el primer abordaje de la temática, se remonta a 1979, con el programa de Aerofotointerpretación (Zucolillo, 1979). Se relevaron 13 categorías que surgieron del contenido de los programas (Año del programa, Nombre de la Materia, Referente o Profesor/a, Régimen o duración, Modalidad, Tipo de materia, Carreras a las que compete, Carga Horaria, Programas o Softwares sugeridos, Contenidos de Sensores Remotos, Contenidos de SIG, Contenido de GPS, Contenidos de IDE-WEB) (Tabla 1).
3. **El Alumnado** que comprende a los alumnos de la Cátedra de Sensores Remotos y se complementa con el curso de postgrado “Introducción a los SIG: Teoría y Práctica”. Para ello se analizan los listados propios de la Cátedra entre 2004 y 2018 y del curso de Postgrado entre 2007 y 2018, estos últimos aportados por el Departamento de Postgrado de la FCNyM.

1. Desarrollo de Variables Externas

1.a. Evolución temporal de los datos espaciales y sus tecnologías asociadas.

El desarrollo del análisis de la evolución temporal, está basado en el esquema temporal de la evolución de los SIG publicado por Olaya (2012). Originalmente detalla cómo los factores han ido evolucionando y cómo su influencia ha condicionado el rumbo de los SIG, contemplando el fenómeno en cuatro dimensiones: como disciplina, como tecnología, como datos y como técnicas y formulaciones. En nuestro esquema se incorporan dos dimensiones: la Cátedra de Sensores Remotos (inicio de la cátedra y del

curso de posgrado), y la evolución de la disciplina geográfica según Buzai (2014), con eventos de políticas públicas de Argentina concernientes a la temática. (Fig. 1).

La información geográfica en Argentina comienza a gestionarse desde la Oficina Topográfica Militar en 1879 como respuesta a la necesidad de reconocimiento del territorio nacional creada por el avance de las fronteras, durante la Campaña al Desierto. Reorganizándose luego en 1901 en el Instituto Geográfico Militar (IGM). Si bien por su trayectoria el gobierno nacional le asignó la responsabilidad de la elaboración de la cartografía oficial del territorio nacional y la realización de los trabajos geodésicos para apoyar la actividad civil, además de la militar, recién en 1941, se promulga la Ley de la Carta ((Ley N° 12.696), con lo cual comenzó en forma sistemática y regular, la realización de trabajos geodésicos fundamentales y los levantamientos topográficos con apoyo uniforme y homogéneo de todo el territorio nacional. Según Gebhard (1999), el uso de la aerofotogrametría en levantamientos cartográficos comienza en 1929 con un trabajo en el área de Morón (prov. de Buenos Aires) con la toma de fotografías verticales a escala 1:25.000. La Aviación Naval junto con el IGM son las Instituciones oficiales más antiguas en trabajos cartográficos y aerofotogramétricos. En 2009, el IGM fue pasado del ámbito militar al civil, denominándose Instituto Geográfico Nacional (IGN), mediante el decreto 554/2009 con el objetivo es posibilitar un sistema de defensa moderno, eficiente y eficaz que garantice la soberanía argentina. Incorporándose definitivamente a la política de desarrollo de la Secretaría de Planeamiento del Ministerio de Defensa. (Wikipedia, 2019)

En 1922 se funda Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF) como empresa estatal en la cual trabajan y se forman muchos geólogos, que luego aportarían su experiencia a la FCNyM, entre ellos profesores de Aerofotogeología, Aerofotointerpretación y ya más recientemente en Sensores Remotos.

En 1960 en el marco de la Fuerza Aérea Argentina fue fundada la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE), la primera agencia espacial argentina que se mantuvo operativa hasta su reemplazo por la actual Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en el año 1991. Actualmente es el organismo competente para entender, diseñar, ejecutar, controlar, gestionar y administrar proyectos, actividades y emprendimientos en materia espacial en todo el ámbito de la República Argentina. Para cumplir con la ejecución del Plan Nacional Espacial de Argentina la CONAE cuenta con información espacial generada por satélites construidos y diseñados en la Argentina de los cuales se destaca la serie Satélites de Aplicaciones Científicas (SAC).

El desarrollo tecnológico en Argentina, no se mantuvo al margen con la misión SAC-D / Aquarius, que fue puesto en órbita por la NASA el 10 de junio de 2011 y concluyó su servicio operativo el 08 de Junio de 2015 tras haber cumplido exitosamente su misión prevista para 3 años. Se trata de un satélite diseñado específicamente para proporcionar estimaciones semanales a escala global de variaciones de la salinidad del agua de mar en la superficie de los océanos, dato clave para estudiar los vínculos entre la circulación oceánica y el ciclo hídrico global. En 2018, fue lanzado el SAOCOM 1A (Satélite Argentino de Observación Con Microondas, bandas L) que forma parte de una constelación de dos satélites de observación terrestre de la agencia espacial de Argentina, y de la constelación SIASGE (Sistema de Satélite Italo-Argentino de Gestión de Emergencias) CONAE (web CONAE, 2019) constituida por cuatro satélites COSMO Skymed, banda X.

Si bien los satélites de la serie ARSAT, no se corresponden a los sensores remotos de observación de la tierra, se mencionan como eventos de relevancia en políticas públicas del país dado el desarrollo tecnológico que ello implica. El ARSAT 1 y ARSAT 2, están dentro del Sistema Satelital Geoestacionario Argentino de Telecomunicaciones (SSGAT), un programa que implica el diseño, la fabricación, la puesta en órbita y la operación de satélites propios con el objeto de incrementar las capacidades del país en materia de telecomunicaciones, garantizando conectividad de igual calidad a todas sus regiones (web INVAP, 2019). Fueron puestos en órbita en 2014 y 2015 respectivamente. Comprenden satélites geoestacionarios de telecomunicaciones, operados por la empresa propiedad del Estado argentino ARSAT y construidos por la empresa argentina INVAP.

En el ámbito de la Teledetección, como interpreta Gebhard (2013), a partir de la década del 60, se produce la transición entre la foteointerpretación y la teledetección, cuando se inicia la tecnología espacial de observación. Las fotografías espaciales tomadas desde 1965 por los astronautas de las misiones Sputnik, Géminis, Mercuri, Apolo y Skylab, despertaron un gran interés de geólogos, geógrafos, ecólogos, agrónomos y otros especialistas, pero recién en 1972 con las misiones ERTS -LANDSAT fue posible valorar la gran potencialidad y ventajas de la información espacial. En ese artículo también destaca un trabajo de el geólogo M. Yrigoyen (1956), donde expone la necesidad de la enseñanza sobre el uso de la aerofotografía y la foteointerpretación en nuestras universidades.

Un hito de gran impacto agregado en el ámbito de la teledetección y herramientas de procesamiento y análisis es la aparición de *Google Earth Engine* (GEE, un producto de Google Labs), en el año 2010 definido como “...una plataforma tecnológica destinada al análisis de datos ambientales a escala planetaria. Pone a disposición imágenes de satélite producidas durante los últimos 40 años y actualizadas diariamente, y suministra las herramientas necesarias y un masivo poder computacional a científicos y otros interesados en detectar cambios y tendencias en la superficie terrestre, en los océanos y en la atmósfera, explica la científica de la computación Rebecca Moore, líder del equipo Earth Engine” Vasconcelos (2015).

Según Olaya (2012), los primeros desarrollos de los SIG surgen en la década de los 70 como consecuencia de la convergencia de dos factores principales: la necesidad creciente de información geográfica acompañada por una gestión y uso óptimo de la misma y a la aparición de las primeras computadoras. Según Buzai (2014), es a inicios de los 80 cuando el uso de estas herramientas en computadoras personales con nuevas versiones de software, comienzan a poblar masivamente el ámbito académico-universitario. Esto último coincide con el el inicio del dictado de la materia de Sensores Remotos en 1983.

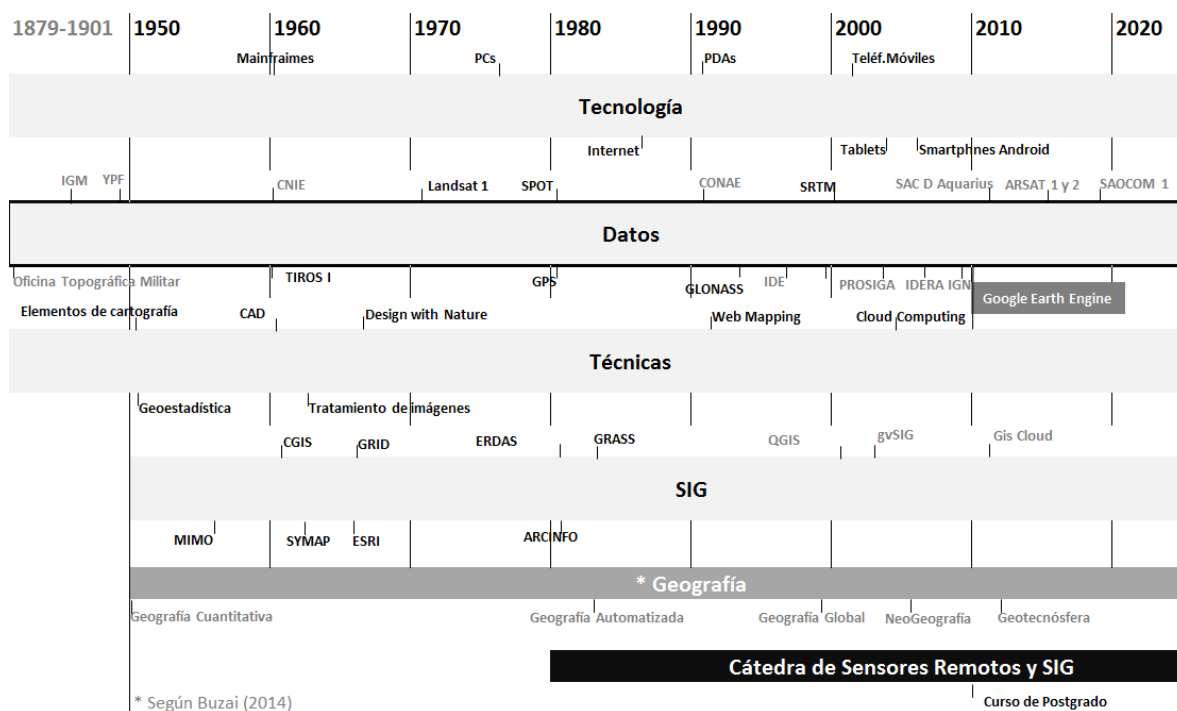
En el ámbito del software, como señala Olaya (2012), la evolución general de los ordenadores (*hardware*) afecta a todos los elementos que se ejecutan sobre ellos. Pasando de las grandes computadoras a las computadoras personales, y hoy en día a las computadoras portátiles. Pionera en el desarrollo de un software de procesamiento de imágenes para uso personal, fue la empresa de ERDAS en 1978. Simultáneamente, ESRI, lanza en 1981 el ArcInfo como primer SIG de ordenadores personales y más tarde el ArcView que en 1991 se populariza como SIG de escritorio. En su análisis, Olaya confirma que la tendencia de evolución de las plataformas no se detiene sino que apuntan a integrar también con la tecnología del GPS y las plataformas móviles. La

internet ha tomado un rol decisivo en la redefinición de desarrollo de estas tecnologías, con la aparición del *Cloud Computing*, reconfigurando el desarrollo de los *software* y sistemas operativos en “conectividad con la nube”. El 2005 surge GoogleMaps que crece exponencialmente y conlleva a la aparición de numerosas aplicaciones similares. Siempre haciendo una presión de selección el desarrollo de los softwares libres los cuales hoy en día han logrado un desarrollo superior de las licencias comerciales. Es decir, su impronta está incorporada en los *softwares* propietarios.

La evolución de las Tecnologías de Información Geográfica (TIG) ha promovido una mayor precisión en la recolección de los datos, facilitando su captura y aceleración de sus procesos de ajuste y tratamiento (Reyes & Arce, 2003). En la última década numerosos organismos nacionales e internacionales pusieron a disposición la información geoespacial producida, lo que generó en un corto lapso de tiempo un crecimiento exponencial de las fuentes de información disponibles para los usuarios. En nuestro país, los antecedentes de la Infraestructura de Datos Espaciales comienzan en 1999, con el Sistema de Información Geográfica de la República Argentina (SIGRA). El cual comprende un Grupo Interinstitucional de productores de Información Geográfica de todo el país, que se reúnen con el fin de conformar una base única de datos geográficos. La iniciativa fue impulsada por el IGM, y llegó a convocar un centenar de productores de información. Luego, en 2004 un grupo de técnicos comenzó a reunirse informalmente para intercambiar ideas, criterios y conocimientos con el fin de desarrollar una estructura para integrar y compartir información y generar una base tecnológica común. Plasmándose en el PROSIGA, un convenio de cooperación técnica para desarrollar un SIG nacional integrado con datos aportados por los organismos participantes (IGM, Secretaría de Energía de la Nación, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación), Generaron un marco metodológico definido, con objetivos y alcances. Después de la segunda etapa de apertura en 2006, concluyeron en la organización de las primeras jornadas de Infraestructura de Datos Espaciales de La República Argentina (IDERA) en 2007. Ésta, es la iniciativa que continúa y actualmente cuenta con la adhesión y publicación de información de una importante cantidad de organismos nacionales, provinciales, municipales y de investigación. La creación de la IDERA, permitió acceder a través de internet, a datos, productos y servicios geoespaciales, publicados bajo estándares y normas definidos. Esto aseguró la interoperabilidad y uso de la información, así como la propiedad por parte de los organismos que la publican y la responsabilidad en la actualización (IDERA 2019). Es así que la posibilidad de transferir archivos digitales y recuperar información geográfica a través de la red, otorga particular relevancia a los administradores de sistemas de bases de datos geográficos, los servidores de mapas y los sistemas de información geográfica (Reyes & Arce, 2003).

Por último, tomamos la evolución de la disciplina Geográfica por ser el marco conceptual y fundamental de los datos geográficos. Analizando su riqueza conceptual y metodológica en los últimos 50 años, Buzai (2014) identifica cinco cambios importantes en su evolución: la *Geografía Cuantitativa* (1950) que ingresó en las computadoras y, que con el ingreso de los SIG en 1964 generó la *Geografía Automatizada* (1983), la cual se difundió llevando la dimensión espacial al resto de las ciencias en una *Geografía Global* (1999). Luego con la masificación de las aplicaciones móviles, la dimensión espacial llega a la sociedad mundial con la *Neogeografía* (2006). Y actualmente, la *Geotecnósfera* (2012) que contiene la totalidad de desarrollos técnicos para el tratamiento de datos basados en la localización.

Figura 1. Esquema temporal de la evolución de los SIG.



Fuente: Modificado de Olaya (2012).

2. Desarrollo de Enfoque de la Asignatura

2.a. Trayectoria

La materia de Sensores Remotos comienza su registro formal en 1983 (Ulíbarrena, 1983), y hasta la actualidad cuenta con un total de 7 programas presentados y aprobados (1983, 1995, 2000, 2004, 2008, 2013 y 2016). Ver Tabla 1. Inicialmente tenía una duración cuatrimestral o semestral, y a partir del 2004, tiene una duración anual con una carga horaria de 128 horas. Siempre se mantuvo la modalidad presencial o tradicional. Desde sus inicios fue una materia optativa de grado y a partir de 2004 se incorpora como materia de postgrado.

En un principio, estuvo orientada a las carreras de geología y geoquímica y a partir del año 2000, se extiende hacia todas las orientaciones, aunque con mayoría de geología para luego en 2004 incorporar con más detalle las Lic. Geológicas y Biológicas con todas sus orientaciones. Expandiendo, en 2013 las posibilidades a las carreras de otras facultades como Ingeniería Agronómica y Forestal.

En cuanto a los contenidos propuestos, la Teledetección Espacial, estuvo presente desde los inicios y por ser obvio no se incluye en la Tabla 1. Los contenidos de SIG se comienzan a mencionar en el 2000 y se incorporan definitivamente a partir de 2004 junto con los conceptos de IDE o acceso a datos en la web, lo que se refleja también en los softwares propuestos, mientras que los contenidos relacionados con el sistema GPS

se introducen en el 2008. Como actividad integradora y obligatoria, estos contenidos son volcados en un proyecto final de cursada donde los alumnos aplican las herramientas adquiridas a un caso de estudio propuesto por ellos.

Con respecto a los *software* sugeridos, inicialmente se utilizaron licencias educativas y comerciales con una tendencia al uso de licencias libres en los últimos años (En 2008 y 2013 no se mencionan, aunque datos proporcionados por la cátedra confirman el uso de GvSIG, QGis y Multispect, SNAP y SOPI) Se realizó una búsqueda en internet de cada uno de los softwares para corroborar los tipos de licencia, su lanzamiento y su continuidad encontrándose información sobre: BILKO, PHOTOSTYLER, IDRISI, SPRING, ERDAS-ERMAPPER, MultiSPECT, SOPI, ArcView GIS, Qgis, Gvsig, DNR Garmin. No se encontró información en un buscador común de google acerca de DIVIEW, TITUS y DRAGON.

Los referentes o Profesores titulares o Adjuntos por orden cronológico han sido: Ulibarrena, J. Gebhard, J. y actualmente Torrusio, S., de formación geológica los dos primeros y biológica la última. Cabe mencionar que Gebhard se desempeñó como Geólogo en YPF hasta 1990 en el sector de Aerofotogeología y Torrusio trabaja en la CONAE desde 2008 y fue Investigador Principal de las Misiones SAC-C, SAC-D y SABIA-Mar, y al presente está vinculada a las aplicaciones satelitales y los usuarios.

El resto de los programas de materias encontrados (5), corresponden a la asignatura pionera: Aerofotointerpretación de 1979 (Zucolillo, 1979) y sus variantes Aerofotogeología y Geomática, dirigidas a las carreras de orientación Geológica y Antropológica, para grado y postgrado en forma optativa. (Zucolillo, Gebhard, Gómez et al.). Aunque el registro exacto del inicio de Aerofotogeología como materia de la FCNyM no lo obtuvimos, en entrevista con el profesor Gebhard surgió el dato aproximado en la década del 60. Algunas de estas asignaturas continúan dictándose actualmente.

Tabla 1. Síntesis del relevamiento de los programas de materias encontradas en el repositorio digital de la Biblioteca Florentino Ameghino (<http://www.bfa.fcny.unlp.edu.ar>).

AÑO	Materia	Referente	Régimen o duración	Modalidad	Carreras	TIPO	Carga Horaria	Programas	Contenidos		
									SIG	GPS	WEB/IDE
1979	Aerofotointerpretación	Zucolillo									
1983	Sensores Remotos	Ulibarrena			Geología y Geoquímica						
1995	Aerofotogeología - Aerofotointerpretación	Gebhard	anual	tradicional o presencial	Cs Nat. En especial Geología	Optativa / Grado y Postgrado	no lo menciona	DIVIEW y BILKO	necesidades y funciones	no se menciona	no se menciona
1995	Sensores Remotos	Gebhard	cuatrimestral	tradicional o presencial	Geología y Geoquímica	Optativa / Grado	no lo menciona	DIVIEW y BILKO	no se menciona	no se menciona	no se menciona
1996	Aerofotogeología - Aerofotointerpretación - Sensores Remotos	Gebhard	semestral	tradicional o presencial	Geología, Geoquímica y Antropología		no lo menciona	DIVIEW, BILKO, TITUS y PHOTOSTYLER	menciona tableta digitalizadora	no se menciona	no se menciona
1997	Aerofotointerpretación	Gebhard	anual	tradicional o presencial	Antropología, Or. Biológicas y Geoquímica	Optativa / Grado y Postgrado	no lo menciona	DIVIEW	no se menciona	no se menciona	no se menciona
2000	Sensores Remotos	Gebhard	semestral	tradicional o presencial	Cs Nat. En especial Geología, Geoquímica y Biología las tres Orientaciones.	Optativa / Grado y Postgrado	no lo menciona	DIVIEW, BILKO, TITUS y PHOTOSTYLER, IDRISI, SPRING, ER.MAPPER, DRAGON	no se menciona	no se menciona	no se menciona
2004	Sensores Remotos	Gebhard	anual	tradicional o presencial	Geología, Geoquímica y Biología las tres Orientaciones.	Optativa / Grado y Postgrado	no lo menciona	BILKO, TITUS, ER.MAPPER, Arcview GIS	se incorpora	no se menciona	Información disponible en WEB
2008	Sensores Remotos	Gebhard	anual	tradicional o presencial	Geología y Geoquímica	Optativa / Grado y Postgrado	(1 clase sem de 9 a 12:30, 3,5hs)	no se mencionan *	si	si	Información disponible en WEB
2013	Sensores Remotos	Gebhard et al.	anual	tradicional o presencial	Geología, Geoquímica y Biología las tres Orientaciones, Ing Forestales y	Optativa / Grado y Postgrado	120 hs (1 clase sem de 9 a 12:30, 3,5hs)	no se mencionan *	si	si	Información disponible en WEB
2014	Geomática	Gómez et al.	anual	tradicional o presencial	Geología y Geoquímica	no se menciona	(1 clase sem de 4 hs)	ERDAS, ERMAPPER, SIGMap Info Discover, GLOBAL MAPPER	si	si	SIG en la WEB y Servidores de mapas
2016	Sensores Remotos	Torrusio	anual	tradicional o presencial	Geología, Geoquímica y Biología las tres Orientaciones.	Optativa / Grado y Postgrado	128 hs (4 hs sem)	QGIS, SOPI y MULTISPEC, DNR Garmin, GvSIG, ArcGis	si	si	Concepto de IDE. Estándares y metadatos

2.b. Uso de herramientas de software

En 2004, la Cátedra utilizaba *software* propietario tales como ENVI y ERDAS para el tratamiento de imágenes satelitales y ArcView 3.1 para las herramientas de SIG, ya que se contaba con licencias para educación. El desarrollo y rápida evolución de los *software* libres y de código abierto, generó un cambio trascendental en todos los ámbitos. En la cátedra este avance se reflejó a través de la incorporación del *software* GvSIG a partir del año 2010, cuyo desarrollo fue impulsado inicialmente por la Conselleria de Infraestructuras y Transportes de la Generalidad Valenciana y la Unión Europea mediante el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). A partir del año 2011 se incorporó el *software* QGIS desarrollado por la fundación OSGeo, el cual se actualiza frecuentemente, incorporando nuevas funcionalidades. Desde la experiencia docente y profesional del equipo de la cátedra, resultó ser el *software* libre de mayor potencialidad y mayor aceptación para los alumnos dada su amigable interfaz gráfica. Es por esto que se sigue utilizando en la actualidad.

Para el procesamiento y análisis de imágenes satelitales y demás productos raster, se utilizan también *software* libres, entre ellos: el Software de Procesamiento de Imágenes (SOPI) desarrollado por la CONAE, el MultiSpec desarrollado por la NASA y el Sentinel Application Platform (SNAP) desarrollado por la ESA (Agencia Espacial Europea). El paquete QGIS también tiene complementos adecuados para el tratamiento de datos raster, que son utilizados habitualmente en las clases como el Semi-Automatic Classification Plugin y el GRASS.

2.c. Incorporación de contenidos IDE y fuentes de datos espaciales

Ante la inmensa disponibilidad de información, la Cátedra procura capacitar a sus alumnos en la búsqueda de datos que cumplan con las normas de calidad recomendadas. En los comienzos de la materia la obtención de capas de información era limitada y una gran parte era generada por los alumnos. Como se mencionó anteriormente, los contenidos de IDE fueron incorporados a partir del 2004 y actualmente las fuentes de información utilizadas por los alumnos son numerosas pero entre las principales podemos citar la IDERA y el IGN para la obtención de datos vectoriales y la CONAE y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) para la obtención de datos de tipo raster (imágenes satelitales, índices de vegetación, modelos de elevación digital, etc.).

2.d. Actividades de extensión

En consonancia con la democratización de la información y su circulación masiva, la cátedra participa en actividades de extensión como la “Semana de la Ciencia, la Tecnología y el Arte Científico” perteneciente al Programa Nacional de Popularización de la Ciencia y la Innovación de la Secretaría General de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Se trata de una propuesta abierta a todo público donde se muestran a través de charlas, presentaciones y/o actividades interactivas con los participantes, los desarrollos satelitales a nivel nacional y las aplicaciones medioambientales más atractivas, tales como: monitoreo de calidad de agua, forestación, agricultura, emergencias ambientales entre otros.

También se organizan actividades de difusión en coordinación con el centro de estudiantes de la FCNyM como el “Taller de difusión: ¿Qué conocemos de la información geoespacial que usamos día a día? Satélites, SIG y algo más...”. En esta

jornada se trata de poner en evidencia la influencia de la información geoespacial en la vida cotidiana y en los proyectos de investigación. Se han realizado charlas informativas y de difusión a institutos vecinos a la Facultad como el ILPLA y el CEPAVE, en otras cátedras, y se brinda soporte a Becarios, Doctorandos e Investigadores de la casa quienes quieren incluir estas herramientas en sus proyectos de investigación. Se promueve la difusión de iniciativas de desarrollo nacional como la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA). Se propone una visita a sitios web de acceso a la información geoespacial y se realizan trivias interactivas sobre imágenes satelitales y lugares de interés de Argentina.

2.e. Visitas o Salidas de Campo

Como actividades complementarias que promuevan la familiarización de los alumnos con las temáticas dictadas la cátedra contempla un viaje de campaña al Centro Espacial Teófilo Tabanera (CETT) de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en Córdoba, que se realizó en dos oportunidades, 2014 y 2015. Luego por cuestiones de financiamiento debieron suspenderse y desde 2015 realiza una visita anual al Observatorio Argentino-Alemán de Geodesia (AGGO por sus siglas en inglés) en la ciudad de La Plata. También existe la propuesta de presentaciones o seminarios de parte de expertos en temas específicos de la currícula.

4. Desarrollo de Alumnado

4.a. Alumnado en la Cátedra de Sensores Remotos

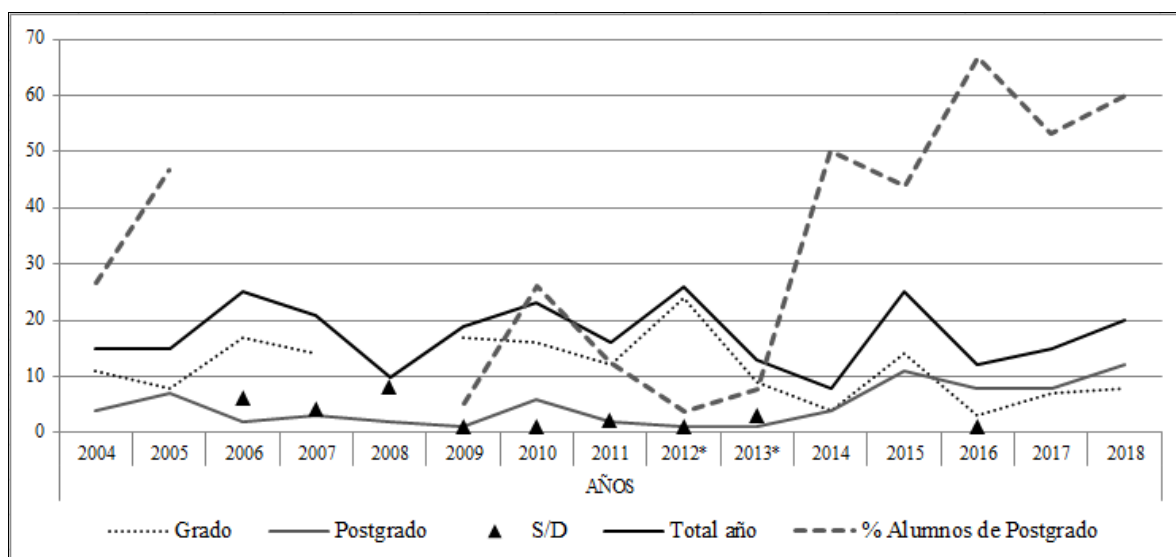
La cantidad y composición del alumnado se trabajó a partir de listas propias de la cátedra y de un listado proporcionado por la Dirección de Asuntos Estudiantiles (DAE) de la FCNyM. El detalle más completo fue el listado propio y con el de la DAE se completaron algunos sin datos y se corrigieron los totales del 2012 y 2013 que difieren en un alumno cada año.

En la Tabla 2, se detalla la distribución por año de alumnos de grado y postgrado de la cursada de Sensores Remotos y SIG, desde el 2004 al 2018. Un total de 263 alumnos con un promedio de 17 alumnos anuales. Los años de mayor cantidad de alumnos fueron 2012, 2006, 2015 (26, 25,25). Si bien, los tres años con mayor cantidad de datos faltantes no se tuvieron en cuenta para el porcentaje de alumnos de postgrado, se observa una tendencia ascendente, la cual se ve en la Tabla 2 y el Gráfico 1.

Tabla 2. Cantidad de alumnos por año según el tipo (grado y postgrado), el porcentaje de alumnos de postgrado (2006, 2007 y 2008 están en gris porque no fueron tenidos en cuenta dado la cantidad de sin datos). * se completaron los totales con 1 alumno cada año por diferencias en los listados.

Tipo de alumno	AÑOS																Total	Promedio
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012*	2013*	2014	2015	2016	2017	2018			
Grado	11	8	17	14		17	16	12	24	9	4	14	3	7	8	164	11,7	
Postgrado	4	7	2	3	2	1	6	2	1	1	4	11	8	8	12	72	4,8	
S/D			6	4	8	1	1	2	1	3			1			27	3,0	
Total año	15	15	25	21	10	19	23	16	26	13	8	25	12	15	20	263		
% Alumnos de Postgrado	26,7	46,7				5,3	26,1	12,5	3,8	7,7	50,0	44,0	66,7	53,3	60,0	27,4		

Gráfico 1. Tendencia temporal de la cantidad de alumnos totales, de grado, postgrado, sin datos (S/D) y % de alumnos de postgrado.



En la Tabla 3, se muestra la distribución anual según la carrera de procedencia u orientación. El bloque superior de 8 carreras se corresponden a las que se cursan en la FCNyM, mientras que el bloque medio de 5 carreras agrupara otras facultades, universidades y procedencia laboral. A pesar de los datos faltantes (20) se puede ver un aumento de los alumnos de otras facultades (Geografía, Arquitectura, Informática, Agronomía, Astronomía, universidades extranjeras) e Ingeniería Forestal que se tomó aparte dado el volumen de alumnos que aporta, con un promedio de 3 alumnos por año. Las carreras que más alumnos aportan son Zoología, Geología y Ecología. Biología agrupa las orientaciones de Zoología, Botánica y Ecología, del cual no se tiene el dato completo.

Tabla 3. Cantidad de alumnos por año, según carrera u orientación. Total por carrera, total del período 2004-2018 y promedio por carrera y del período analizado. (S/D: dato faltante, un total de 20 en el período, el 7%). * se completaron los totales con 1 alumno cada año por diferencias en los listados.

Procedencia/ Orientación	AÑOS																por carrera	Promedio por Carrera
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012*	2013*	2014	2015	2016	2017	2018			
Arqueología	1													1	5	7	2	
Antropología	2		1					1					3	1		8	2	
Biología			1		1					1	3		3	2	4	15	2	
Botánica	2				1	1		1	2				2		2	11	2	
Ecología	4	7	4	1			2					4				22	4	
Paleontología										1	1					2	1	
Zoología	3	3	7	15		12	7	2	2	3	9		6	2	71	6		
Geología	3			1		2	2	3	22	12	1	8	1	3	5	57	5	
Geoquímica								1							1	2	1	
Empleado publico									1							1	1	
Otras Facultades		4		1		1	5	3				1		1		16	2	
Maestria						1						1				2	1	
Forestal		1	7			2	5	3	2			3	1	1		25	3	
Maestro Mayor de Obra			1													1	1	
S/D			4	3	8		2	1						1		20	3	
año	15	15	25	21	10	19	23	16	26	13	8	25	12	15	20	263	17	

4.b. Alumnado en el Curso de Postgrado “Introducción a los SIG: Teoría y Práctica”

Las profesionales de la cátedra ejercen la actividad docente a nivel de posgrado, no sólo en el marco de la cátedra de Sensores Remotos sino también a través del dictado de un curso de posgrado de la FCNyM que otorga créditos para las carreras de doctorado de distintas universidades del país. Comenzó a dictarse en 2007 debido a la demanda presentada por los graduados de la casa y continuó ininterrumpidamente una vez por año hasta la fecha.

La modalidad didáctica comenzó siendo presencial hasta el 2012 que cambió a modalidad mixta o semipresencial. Es decir tres días intensivos presenciales y 5 semanas a distancia con plataforma web. Aumentó su carga horaria de 45 horas a 60. Inicialmente se utilizaba *software* propietario y a partir del 2010 se cambió a *software* libre, primero Gvsig y luego a QGis. Los contenidos sobre IDE fueron incorporados a partir del 2013. El promedio de alumnos para los doce años fue de 21. Ver tabla 4.

Tabla 4. Distribución anual de alumnos, tipo de modalidad de cursado, plataforma didáctica utilizada, software, carga horaria y contenidos de IDE en el curso de postgrado: “Introducción a los SIG: Teoría y Práctica”.

	AÑO												Promedio
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Modalidad	presencial				semipresencial								
Plataforma					Web UNLP				AulasWEB				
Software	ARCGIS9			Gvsig				Qgis					
Carga horaria	45				60								
IDE						x							
Alumnos	28	25	18	16	25	27	17	17	19	15	22	24	21

Fuente: Elaborado con datos propios y del Departamento de Postgrado de la FCNyM.

Desde el 2012, el curso contempla la presentación de materiales de estudio a través de un entorno de aprendizaje y enseñanza web desarrollado por la Universidad de La Plata, (Web UNLP y luego AulasWEB) reuniones teórico-prácticas y actividades a desarrollar con el *software* libre QGis.

CONCLUSIONES

El período analizado casi se corresponde con la etapa de expansión y apertura de la información, según Buzai (2014), la etapa de difusión entre 1989-2014, básicamente con circulación de material en CD-DVD y la circulación inmaterial en el ciberespacio, a través de internet. Como política pública de democratización de la información espacial, la creación de la IDERA en 2007 con la adhesión de numerosos organismos entre ellos la CONAE y Universidades abre juego a las posibilidades de uso de la geoinformación tanto en los contenidos didácticos de la materia en sí, como en el uso para proyectos de investigación. El cambio en la definición de la materia como abierta a más orientaciones ocurrido en 2000 y 2004 puede haber impactado en la diversificación de la composición de alumnos según orientaciones y universidades. Aunque no pudo evidenciarse una relación entre el cambio en la composición de alumnos con las variables externas, dado que el factor limitante del “cupó”, tanto para la cursada de

Sensores Remotos y el curso de posgrado (30 y 25 respectivamente) enmascara el real impacto que estos cambios externos podrían causar en la composición y cantidad de alumnos cursantes. Sin embargo, analizando los resultados presentados se puede inferir una diversificación del alumnado al que se ha dictado la materia, que fue en un principio dirigida sólo para alumnos de geología, posteriormente se extendió para el resto de las disciplinas de la casa de estudio, y por último para facultades de otras disciplinas afines, como ser ingeniería forestal y agronomía. Al mismo tiempo que se observó un mayor interés por otras disciplinas, hubo un aumento en los contenidos que se tradujo en una mayor carga horaria de la cursada de cuatrimestral a anual.

La evolución de los *software* y la disponibilidad de información se vio reflejada en el aumento y diversificación de las distintas orientaciones de procedencia de los cursantes de la mano del carácter transversal que ha adquirido la aplicación de la Teledetección Espacial y Sistemas de Información Geográfica. Si bien no contamos con un registro completo de los proyectos finales que permita incluir esta variable para ser analizada sistemáticamente, nuestra experiencia como docentes en el aula nos muestra también la diversificación de temáticas, así como en el uso de herramientas más complejas por parte de los alumnos. Tanto el uso de licencias libres de *software* como la ubicuidad de la geoinformación han generado mayor accesibilidad por parte de los alumnos quienes antiguamente casi no tenían contacto previo con la temática cuando comenzaban a cursar.

Cabe destacar que muchas nuevas carreras que han surgido en las últimas décadas, como ser Ingenierías ambientales, Licenciaturas en gestión ambiental, conservación y otras ciencias de la Tierra (UNRN, UNDAV, UBA, UNLU) sólo por nombrar algunas, han incorporado las TIG como una asignatura obligatoria. Mientras tanto, las carreras más tradicionales carecen muchas veces de estos contenidos en su currícula.

Actualmente nos encontramos evidenciando lo que se denomina la “Cuarta Revolución Industrial”, donde los “Big Data”, “Data Analytics”, Internet de las Cosas (IoT) y Computación en la Nube son sus pilares (Joyanes 2016). En este contexto resulta innegable lo imprescindibles que se vuelven las Infraestructuras de Datos Espaciales, Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica. Creemos que un nuevo desafío dentro de las carreras más clásicas, es integrar asignaturas como Sensores Remotos e incluso la práctica en el uso de lenguajes de programación a la currícula obligatoria de las carreras tradicionales, a fin de que los elementos básicos de las mismas se incorporen en el alumnado tempranamente mostrándole su potencial, alcance, pertinencia y necesidad. Esto permitiría que una vez recibidos se especialicen en las técnicas o herramientas concernientes a su objeto de estudio.

En los últimos años, los alumnos de la cátedra, habitantes de la Geotecnósfera han sido un factor de cambio en los requerimientos de la cátedra, debido a su acceso anticipado a la información y a las herramientas tecnológicas previamente no disponibles de manera masiva.

AGRADECIMIENTOS

Al Prof. Jorge Gebhard por la entrevista concedida y los datos aportados desde su experiencia y trayectoria en la materia. Al Departamento de Postgrado de la FCNyM de la UNLP por la recopilación de los datos históricos de las 12 ediciones (2007-2018) del

curso “Introducción a los SIG: Teoría y Práctica”. A la Dirección de Asuntos Estudiantiles por el listado suministrado.

BIBLIOGRAFÍA

Buzai, G.D. 2014. *Sistemas de Información Geográfica, 50 años. Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (GESIG-UNLU, Luján). Año 6, N° 6, Editorial: 1-3. On-line: www.gesig-proeg.com.ar

CONAE, (2019). <http://www.conae.gov.ar>

Gebahrd, J. (1999). *Manual de interpretación visual de aerofotografías e imágenes obtenidas por percepción remota*. Documento no publicado, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, Instituto de Geomorfología y suelos, Argentina.

Gebahrd, J. (2013). *La fotointerpretación y la geología*. En III CAH GEO. III Congreso Argentino de Historia de la Geología (Comp.) (pp. 75-80). Salta, Argentina: Mundo Gráfico Salta Editorial.

IDERA, (2019). <http://www.idera.gob.ar>

IGN, (2019). <http://www.ign.gob.ar/>

INVAP, (2019). <http://www.invap.com.ar>

Joyanes, L. (2016). Luis Joyanes : Las tecnologías que subyacen en la Industria 4.0 tienen como espina dorsal los datos. *Geomatica*, 4–6.

Olaya, Víctor. (2012). *Sistemas de Información Geográfica*. Editorial: CreateSpace Independent Publishing Platform (Amazon). España. 820 páginas. ISBN: 978-1530295944

Reyes, M., & Arce, J. M. (2003). *Tecnologías de información, cartografía y geografía en la era digital*. *Boletín de Política Informática*, (2), 1-11.

Vasconcelos, Yuri (2015). *Con la colaboración del cielo*. *Revista Pesquisa FAPESP*. Edición 230- Abril 2015. On-line: <http://revistapesquisa.fapesp.br/es/2015/04/10/con-la-colaboracion-del-cielo/>

Yrigoyen, M.R. (1956) La Aerofotografía y la Fotointerpretación. Necesidad de su enseñanza en nuestras universidades. *Rev. Centro Est. C. Nat. Holmbergia*. n° 12-13. pp. 233-258. Bs. As

Wikipedia, 2019. Instituto Geográfico Nacional, Argentina [https://es.wikipedia.org/wiki/Instituto_Geogr%C3%A1fico_Nacional_\(Argentina\)#cite_note-levcarta-2](https://es.wikipedia.org/wiki/Instituto_Geogr%C3%A1fico_Nacional_(Argentina)#cite_note-levcarta-2)

Wikipedia, 2019. Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales. https://es.wikipedia.org/wiki/Comisi%C3%B3n_Nacional_de_Investigaciones_Espaciales

Lista de Programas de materias consultadas en el repositorio de la Biblioteca Florentino Ameghino. <http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar>.

Zuccolillo, Ubaldo J. (1979). Programa de Aerofotointerpretación 5 p. Enlace: <http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/id/33897>

Ulibarrena, Javier. (1983). Programa de Sensores Remotos. 3 pág. Para las carreras de Lic. Geología y Geoquímica.

Gebhard, Jorge A. (1995). Programa de Sensores Remotos. 9 pág. Para las carreras de Lic. Geología y Geoquímica. Enlace: http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/digital/sensores_remosos_1995.pdf

Gebhard, Jorge A.; Gomez, J.C., Gandrup, R. (1995). Programa de Aerofotogeología - Aerofotointerpretación. Para las carreras de Lic. Antropología, Geología y Geoquímica. Enlace: http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/digital/aerofotogeologia_aerofotointerpretacion_1995.pdf

Gebhard, Jorge A.; Gomez, J.C., Gandrup, R. (1996). Programa de Aerofotogeología - Aerofotointerpretación - Sensores Remotos. 7 pág. Para las carreras Lic. Antropología, Geología y Geoquímica. Enlace: http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/digital/sensoresremotos_1996.pdf

Gebhard, Jorge A.; Gomez, J.C., Gandrup, R. (1997). Programa de Aerofotointerpretación. Para la carrera de Lic. Antropología. 6 pág. Enlace: http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/digital/aerofotointerpretacion_1997.pdf

Gebhard, Jorge A. (2000). Programa de Sensores Remotos. 6 pág. Para las carreras de Geología y Geoquímica. Enlace: http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/digital/sensoresremotos_2000.pdf

Gebhard, Jorge A. (2004). Programa de Sensores Remotos. 11 pág. Para las carreras de Lic. Geología, Geoquímica y Biología con Or. Botánica, Ecología y Zoología. Enlace: http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/digital/sensores%20remotos_2004.pdf

Gebhard, Jorge A. (2008). Programa de Sensores Remotos. 19 pág. Para las carreras de Lic. Geología y Geoquímica. Enlace: http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/digital/sensoresremotos_2008.pdf

Gebhard, Jorge A; Marchionni, Daniela S.; Torrusio, Sandra; Drozd, Andrea. (2013). Programa de Sensores Remotos. 9 pág. Para las carreras de Lic. Geología, Geoquímica y Biología con Or. Botánica, Ecología y Zoología. Enlace: http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/doc_num.php?explnum_id=111

Gomez, Juan Carlos; Muntz, Daniel; Delucci, Marta. (2014). Programa de Geomática. 8 pág. Para las carreras de Lic. Geología y Geoquímica. Enlace: http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/doc_num.php?explnum_id=286

Torrusio, Sandra. (2016). Programa de Sensores Remotos. 9 pág. Para las carreras de Lic. Geología, Geoquímica y Biología con Or. Botánica, Ecología y Zoología. Enlace: http://www.bfa.fcnym.unlp.edu.ar/catalogo/doc_num.php?explnum_id=626

© Betina Zucchini, María Rosa Derguy, Anabel Lamaro, Natalia Morales, Andrea Drozd y Sandra Torrusio.

Zucchini, B.; Derguy M.R.; Lamaro, A.; Morales, N.; Drozd, A.; Torrusio, S. 2020. Detección de cambios (2004 - 2018) en la asignatura Sensores Remotos, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata. ***Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)***. 12(17) Sección I: 1-16

On-line: www.revistageosig.wixsite.com/geosig

Recibido: 11 de junio de 2019

Aceptado: 22 de octubre de 2019