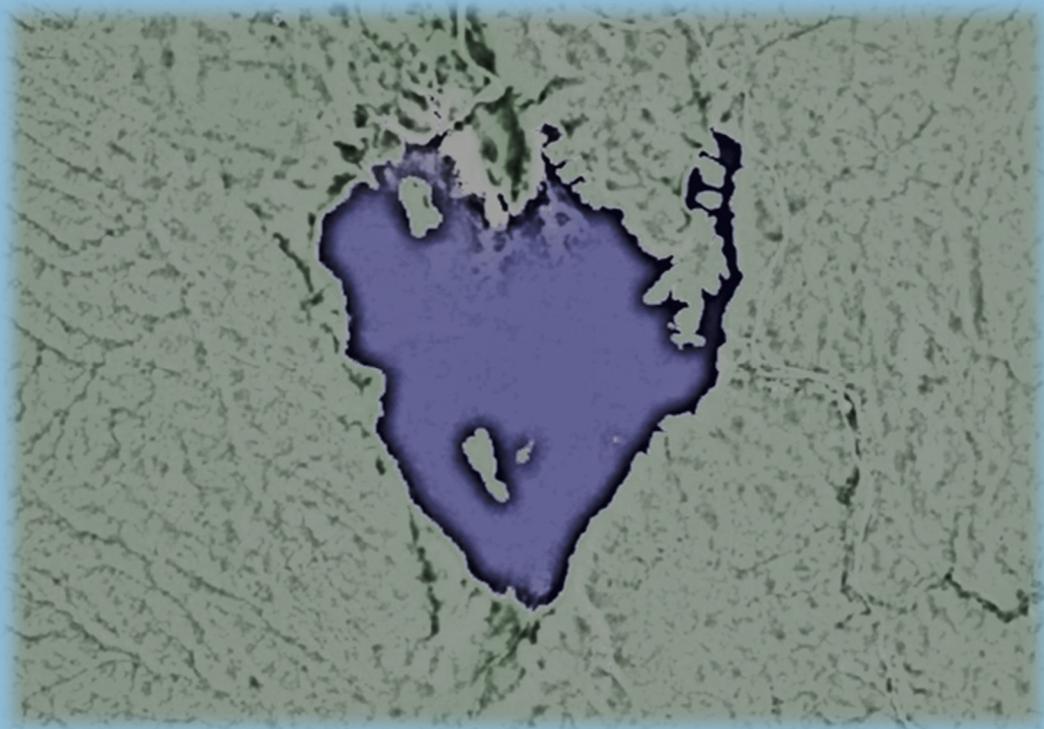




Identificación y caracterización de los principales cuerpos de agua de la Región de los Llanos de La Rioja mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales Sentinel-2A

Domingo Dolores Garay

Juan Nicolás Gabriel Agüero



Identificación y caracterización de los principales cuerpos de agua de la Región de los Llanos de La Rioja mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales Sentinel-2A

Domingo Dolores Garay
garay.domingo@inta.gob.ar

Juan Nicolás Gabriel Agüero
aguero.juan@inta.gob.ar

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA

Estación Experimental Agropecuaria La Rioja

Las Vizcacheras, Ruta Nacional N° 38, km 267 - C.P.: 5380 Chamental, La Rioja

Sistemas de Información Territorial

© 2017, Ediciones INTA

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial, la distribución o la transformación de este libro, en ninguna forma o medio. Ni el ejercicio de otras facultades reservadas sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes vigentes.



Ministerio de Agroindustria
Presidencia de la Nación

Identificación y caracterización de los principales cuerpos de agua de la Región de los Llanos de La Rioja mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales Sentinel-2A

Domingo Dolores Garay & Juan Nicolás Gabriel Agüero

Con aporte de:

PNNAT 1128033: Sistemas de Información Territorial para la toma de decisiones a nivel local y nacional (SIT) - Coordinador: Néstor Alejandro Pezzola.

CATRI 1233206: Estrategias de gestión de recursos ambientales, tecnológicos y sociales para el desarrollo sustentable del sector agropecuario Llanos Sur - PRET Llanos Sur - Coordinador: Juan Hugo Gallardo.

Para más información, visite el sitio <http://inta.gob.ar/larioja>

Cita sugerida: Garay & Agüero (2017) Identificación y caracterización de los principales cuerpos de agua de la Región de los Llanos de La Rioja mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales Sentinel-2A

Agradecimientos:

Al Lic. Néstor Alejandro Pezzola, coordinador del Proyecto Nacional Sistemas de Información Territorial para la toma de decisiones a nivel local y nacional (SIT), por su constante colaboración y apoyo para la realización del presente trabajo.

Al Ing. Juan Hugo Gallardo, Coordinador del CATRI Estrategias de gestión de recursos ambientales, tecnológicos y sociales para el desarrollo sustentable del sector agropecuario Llanos Sur (PRET Llanos Sur).

Al Ing. José Patricio Molina, Coordinador del Área de Investigación del INTA E.E.A. La Rioja.

Índice de Contenidos

Resumen	1
Abstract	1
Introducción	2
Objetivos	3
Justificación	3
Caracterización del área de estudio	4
Criterios	5
Materiales y Método	6
Observaciones	7
Presentación de los resultados	8
Conclusiones	22
Recomendaciones	23
Glosario de términos y abreviaturas	24
Referencias bibliográficas	25
Páginas web	26

Figuras

Figura N° 1: Mapa de PrETs INTA de los Llanos de La Rioja	4
Figura N° 2: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique La Aguadita	9
Figuras N° 3 - 4: Fotografías panorámicas del Dique La Aguadita	10
Figura N° 5: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique de Olta	11
Figuras N° 6 - 7: Fotografías panorámicas del Dique de Olta	12
Figura N° 8: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique El Cisco	13
Figuras N° 9 - 10: Fotografías panorámicas del Dique El Cisco	14
Figura N° 11: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique de Anzulón	15
Figuras N° 12 - 13: Fotografías panorámicas del Dique de Anzulón	16
Figura N° 14: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique El Portezuelo	17
Figuras N° 15 - 16: Fotografías panorámicas del Dique El Portezuelo	18
Figura N° 17: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique El Saladillo	19
Figuras N° 18 - 19: Fotografías panorámicas del Dique El Saladillo	20

Tablas

Tabla N° 1: Descripción de las imágenes satelitales utilizadas para el estudio	06
Tabla N° 2: Identificación de los cuerpos de agua de los Llanos de La Rioja	08
Tabla N° 3: Resumen de datos de los cuerpos de agua identificados	21

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando el software QGIS e imágenes satelitales con el objetivo de identificar los principales cuerpos de agua de Los Llanos Riojanos.

La investigación consistió en una clasificación supervisada de imágenes satelitales Sentinel-2 provistas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). A Dichas imágenes se las sometió a los correspondientes procesos de corrección y luego se les aplicó una combinación de bandas basada en el índice diferencial de agua normalizado (NDWI).

Estos procesos permitieron posteriormente identificar los cuerpos de agua más relevantes (embalses) de La Región de Los Llanos de la Provincia de La Rioja.

ABSTRACT

The present work was done through the Geographic Information Systems (GIS), using the QGIS software and satellite images with the objective of identifying the main water bodies of Los Llanos Riojanos.

The research consisted of a supervised classification of Sentinel-2 satellite images provided by the United States Geological Survey (USGS). A These images were subjected to the corresponding correction processes and then applied to a combination of bands based on the normalized water differential index (NDWI).

These processes allowed later to identify the most relevant water bodies (reservoirs) of the Region of Los Llanos of the Province of La Rioja.

INTRODUCCION

La gestión de la información es hoy en día la herramienta más valiosa para afrontar los problemas ambientales. Las autoridades administradoras de los recursos hídricos necesitan obtener información del comportamiento de dichos recursos para tomar la mejor decisión en cuanto ellos (Rojas Laura & Cárdenas Álvarez, 2012).

Los sensores satelitales de alta resolución han generado que los estudios sobre la tierra y sus recursos naturales se acrecienten, así como también disminuya el tiempo de levantamiento de datos de extensas áreas (Rojas Laura & Cárdenas Álvarez, 2012).

En ese sentido, en la actualidad se cuenta con diversos tipos de imágenes satelitales distribuidas por el Servicio de Geológico de los Estados Unidos (USGS).

A su vez, hoy en día se cuenta con importantes herramientas analíticas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales proporcionan un importante caudal de información que posibilita la visualización, el modelamiento y el análisis de la información necesaria para llevar a cabo diversos tipos de investigaciones.

Para la ejecución de este trabajo se utilizaron imágenes satelitales Sentinel-2 las cuales fueron procesadas mediante el software de QGIS, el cual combina características de procesamiento de imágenes y tecnología de análisis con una interfaz moderna, intuitiva y fácil de usar.

Sentinel-2 es una misión desarrollada por la Agencia Espacial Europea (ESA) dentro del programa Copérnico para desarrollar observaciones del planeta Tierra. Está compuesto por dos satélites idénticos: Sentinel-2A y Sentinel-2B.

QGIS tiene las últimas herramientas de procesamiento y análisis para la clasificación de imágenes satelitales. Herramientas que en este trabajo permitieron la identificación de todos aquellos cuerpos de agua considerados como diques y/o embalses:

Un “**dique**” es un muro, paredón o presa construido en un valle o en el cauce de un río o arroyo para evitar el paso total o parcial del agua y propiciar la acumulación de la misma formando un cuerpo de agua retenido al que se denomina “**embalse**”.

OBJETIVOS

Objetivos primarios:

- Detectar los principales cuerpos de agua a nivel cuenca de la región de los Llanos de La Rioja mediante el uso de imágenes satelitales Sentinel-2.
- Caracterizar los cuerpos de agua detectados mediante imágenes satelitales Sentinel-2 para su posterior análisis multitemporal.

Objetivos secundarios:

- Determinar la cantidad de cuerpos de agua de los Llanos de La Rioja,
- Determinar los cuerpos de agua de la Región Llanos Sur,
- Determinar los cuerpos de agua de la Región Llanos Norte.
- Determinar la ubicación geográfica precisa de los cuerpos de agua,

JUSTIFICACION

Los Sistemas de Información Geográfica y la teledetección se han convertido en las últimas décadas en una herramienta que conjuga varios elementos tecnológicos que permiten obtener productos con un nivel de detalle alto y resultados óptimos que facilitan la toma de decisiones respecto a procesos de planificación y desarrollo.

Las Imágenes Sentinel-2 son un insumo que permite obtener resultados favorables respecto a proyectos de tipo investigativo, sobre todo en el ámbito medio ambiental. La utilización de este tipo de imágenes se plantea teniendo en cuenta que son de uso público y sus características permiten ser mejoradas espacial y espectralmente con programas SIG.

Lanzado desde el Puerto Espacial Europeo en la Guayana Francesa en junio de 2015, Sentinel 2-A es el segundo satélite en órbita del programa de vigilancia ambiental europeo Copernicus.

Su cámara multiespectral detecta cambios en tierra y en los cuerpos de agua para ayudar a gestionar los recursos naturales de forma sostenible.

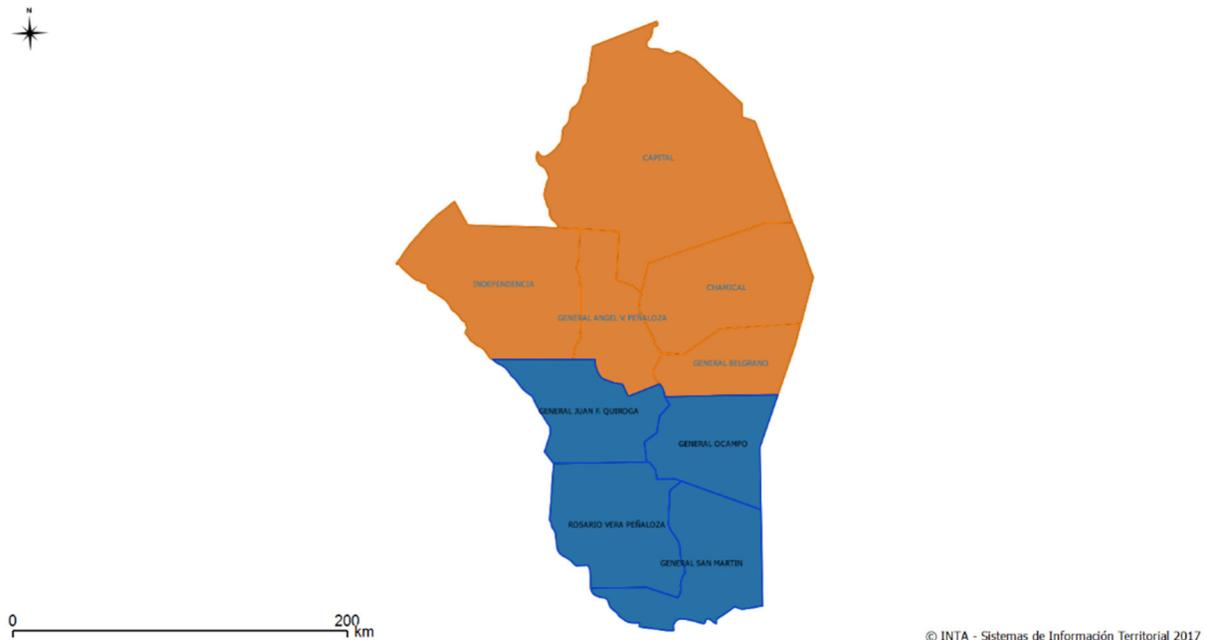
Otra de las tareas importantes del satélite es vigilar los cambios en los bosques, como el ritmo de deforestación y reforestación, y las áreas afectadas por incendios forestales. En este sentido, Sentinel-2 ayuda a tomar decisiones sobre cómo gestionar y proteger los recursos forestales.

CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

El presente trabajo realiza el estudio sobre la región de los Llanos de la provincia de La Rioja, la cual abarca un área de 4,9 millones de hectáreas (49473 km²).

El área de estudio se ubica geográficamente al Centro y Sur de la provincia de La Rioja y al Noroeste del territorio de la República Argentina.

Figura N° 1: Mapa de PrETs INTA de los Llanos de La Rioja



Para el INTA y de acuerdo a la distribución de sus Proyectos de Enfoques Territoriales (PrETs) los llanos riojanos comprenden territorios de los departamentos: Capital, Chamental, General Belgrano,

General Ángel Vicente Peñaloza, independencia, General Ocampo, General Juan Facundo Quiroga, General San Martín y Rosario Vera Peñaloza. Los cinco primeros forman parte del PrET Llanos Norte mientras que los cuatro restantes integran el PrET Llanos Sur.

CRITERIOS

- Se utilizaron únicamente imágenes satelitales de la misión Sentinel-2.
- Las imágenes utilizadas fueron descargadas desde el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).
- Las imágenes utilizadas pertenecen al periodo normal de consumación de las precipitaciones de los llanos riojanos (octubre-marzo).
- El procesamiento y la obtención de estadísticas se realizó con el software QGIS.
- El sistema de referencia usado para el presente trabajo fue EPSG: 32719, WGS84 – UTM Zona 19S.
- La detección de los cuerpos de agua se llevó a la práctica a una escala de 1:35.000.
- Los únicos cuerpos de agua considerados como tales para este estudio son los diques y embalses.
- Se excluyen de este trabajo otros cuerpos de agua como aguadas o manantiales, bañados, barriales, represas, lagunas y salinas.

MATERIALES Y METODO

La información se obtuvo de imágenes Sentinel-2A provistas por Earth Explorer del USGS y reproyectadas a EPSG: 32719, WGS84 – UTM Zona 19S. Para cubrir el área de estudio fueron necesarias dos escenas sin nubosidad captadas en la misma fecha.

Las bandas fueron combinadas de acuerdo a la composición considerada visualmente como la más apropiada para este análisis en particular (cuerpos de agua), dado que una adecuada combinación de bandas garantiza una correcta clasificación.

Dicha combinación se hizo teniendo en cuenta el índice diferencial de agua normalizado (NDWI), el cual se utiliza como una medida de la cantidad de agua que posee la vegetación o el nivel de saturación de humedad que posee el suelo, combinando las bandas B3 y B8.

El proceso de combinación de bandas se hizo utilizando la herramienta del menú *[Raster -> Calculadora Raster]* de QGIS mediante la operación:

$$(Raster@Banda" - Raster@Banda") / (Raster@Banda" + "Raster@Banda")$$

Luego se procedió a editar el nuevo raster seleccionando unibanda pseudocolor con valor mínimo de -1 y valor máximo de 1, interpolación lineal e intervalo igual a 10 clases.

Con esta operación se logró que a todos los píxeles que correspondan al valor especificado se les asigne 1 y a todos los demás se les cambie a un valor de -1. Los cuerpos de agua estarán representados en este caso por el rango de valores que van desde 0 a 0.5.

Esto permitió aislar los píxeles que representan los cuerpos de agua en un nuevo raster. Posteriormente se editó las propiedades de la nueva imagen solo para facilitar la visualización, asignando transparencia a los píxeles que no nos interesan y un color más apropiado a los cuerpos de agua.

Luego se convirtió la imagen raster en un vector usando el comando *[Raster -> Conversión (Raster a Vector)]*. Esto nos permitió manejar la tabla de atributos que se genera junto con el archivo de polígonos (Shapefile).

<i>Tabla N° 1: Descripción de las imágenes satelitales utilizadas para el estudio</i>			
SATELITE	FECHA	ID	BANDAS
SENTINEL2A MSI	31-12-16	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_SGS__20161104T143443_20161104T192738_A007157_T19JGF_N02_04_01	<u>B3 – B8</u> B3 + B8
SENTINEL2A MSI	31-12-16	S2A_OPER_MSI_L1C_TL_SGS__20161104T143443_20161104T192738_A007157_T19JGG_N02_04_01	<u>B3 – B8</u> B3 + B8

Proceso de Clasificación

Primeramente, se procedió a cargar las bandas de las escenas seleccionadas. Luego se unificó dichas imágenes a fin de lograr una única escena a partir de la cual se llevaron a cabo los procesos posteriores.

Hecho lo anterior, se hizo un mejoramiento de la imagen con el fin de tener una mejor apreciación de las coberturas de acuerdo a la composición de color en el proceso de clasificación.

El proceso de clasificación comenzó con la combinación de bandas elegidas para este estudio mediante el uso de la Calculadora Raster de QGIS. Luego se procedió a editar el raster resultante asignándole los valores correspondientes y los colores adecuados a los cuerpos de agua, con la finalidad de aislar de éstos los píxeles que no interesan.

Luego se convirtió la imagen raster en un polígono lo cual permitió, además de extraer los vectores correspondientes a la imagen clasificada, manejar la tabla de atributos que se genera junto con el shapefile.

También se hizo un recorte de las áreas de interés para una visualización más apropiada de los cuerpos de agua.

Por último, se generó un mapa de cuerpos de agua de la Región de los Llanos de La Rioja.

OBSERVACIONES

Los datos obtenidos y el criterio aquí definido por los SIG resulta propio de este trabajo y no necesariamente ha seguido criterios establecidos en otros estudios similares. Por lo tanto, en investigaciones posteriores se podrán realizar los ajustes que se consideren pertinentes acordes con otros criterios que pueden ser incorporados para definir las modificaciones que pudieren corresponder.

Resulta importante destacar que los únicos cuerpos de agua considerados como tales para el presente estudio son los que encuadran dentro del concepto de diques y/o embalses. Por lo tanto, se excluyen de este trabajo otros cuerpos de agua tales como aguadas o manantiales, bañados, barriales, lagunas y salinas.

PRESENTACION DE LOS RESULTADOS

La detección de los cuerpos de agua implicó un exhaustivo relevamiento para identificar los mismos mediante las herramientas específicas del procesamiento de imágenes satelitales. De los datos obtenidos se identificaron los distintos cuerpos de agua de la Región de los Llanos de la provincia de La Rioja (Tabla N° 2).

Tabla N° 2: Identificación de los cuerpos de agua de los Llanos de La Rioja

N°	CUERPO DE AGUA	SUBREGION	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	LOCALIZACION
1	Dique de La Aguadita	Llanos Norte	Chamical	La Rioja	Lat. -30.415801° Long. -66.376878°
2	Dique de Olta	Llanos Norte	General Belgrano	La Rioja	Lat. -30.638889° Long. -66.296471°
3	Dique El Cisco	Llanos Norte	General Belgrano	La Rioja	Lat. -30.745665° Long. -66.217204°
4	Dique de Anzulón	Llanos Sur	General Ocampo	La Rioja	Lat. -30.856872° Long. -66.270477°
5	Dique El Portezuelo	Llanos Sur	General Juan F. Quiroga	La Rioja	Lat. -30.841802° Long. -66.700274°
6	Dique El Saladillo	Llanos Sur	General Ocampo	La Rioja	Lat. -31.036124° Long. -66.274133°

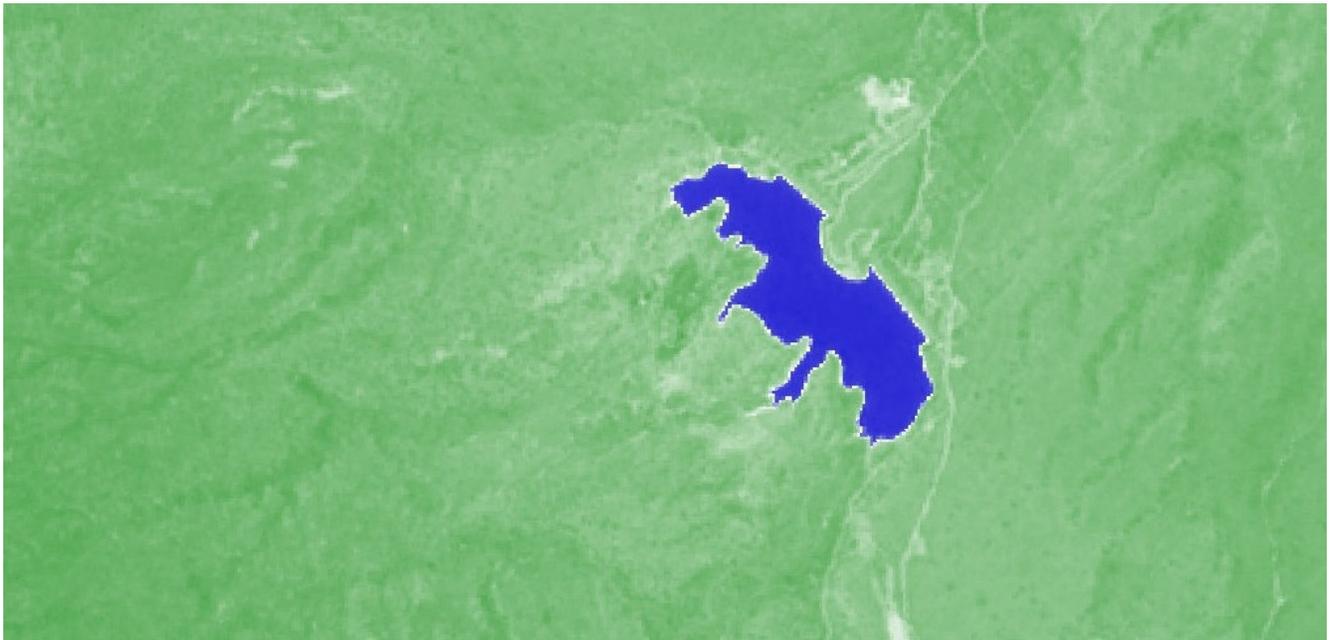
1. Dique de La Aguadita

El Dique de La Aguadita se sitúa en la localidad de La Aguadita, Departamento Chamental, a aproximadamente 9 kilómetros al Suroeste de la ciudad de Chamental (cabecera departamental) y a 10 kilómetros de la localidad de Polco a una altitud aproximada de 594 metros sobre el nivel del mar.

Las coordenadas geográficas del dique en cuestión son -30.415801° Latitud Sur y -66.376878° Longitud Oeste.

Si bien popularmente se lo conoce como “Dique La Aguadita”, por estar emplazado en cercanías de esa localidad, su nombre oficial es “Dique Carlos Saúl Menem” en honor al riojano dos veces presidente de la nación.

Figura N° 2: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique de La Aguadita (300M) – Bandas 3_8



Fue construido, a finales de la década de 1990, mediante una presa de gravedad de aproximadamente 600 metros de coronamiento para embalsar las aguas que bajan desde las quebradas de las Sierras de Los Llanos.

Los principales afluentes del Dique de La Aguadita son las quebradas “Doña Rosa”, “La Toma” y “Toledo” y el Río Tirante.

El Rio Tirante nace en la Sierras de los Llanos. Recorre aproximadamente 7 kilómetros hasta un pre embalse de trasvase que abastece a través de un canal al Dique de La Aguadita (desde el año 2015). Desde allí continua aproximadamente por 11 kilómetros hasta las proximidades de la ciudad de Chamental en donde se lo desvía mediante una obra hídrica llamada “defensa del Rio Tirante”. Cruza por debajo de la Ruta Nacional N° 79 a través de un puente alcantarillado y sigue su curso hasta las proximidades de la localidad de San Rafael del Norte en donde termina desapareciendo.

Tiene como principales vías de acceso dos caminos vecinales consolidados que parten desde los alrededores de la ciudad de Chamental.

Figuras N° 3 - 4: Fotografías panorámicas del Dique La Aguadita



El Dique de La Aguadita abastece con agua para el consumo humano de la ciudad de Chamental y sus alrededores a través de la Planta Potabilizadora de Los Filtros a cargo de Aguas Riojanas SAPEM.

También abastece algo de agua a los emprendimientos agrícolas de la zona de la localidad de La Aguadita.

Es un ambiente apto para el desarrollo de actividades recreativas y turísticas. Si bien tiene escasos servicios y poca sombra para el acampe puede usarse como camping. Posee varios miradores desde los cuales se puede disfrutar de la naturaleza circundante.

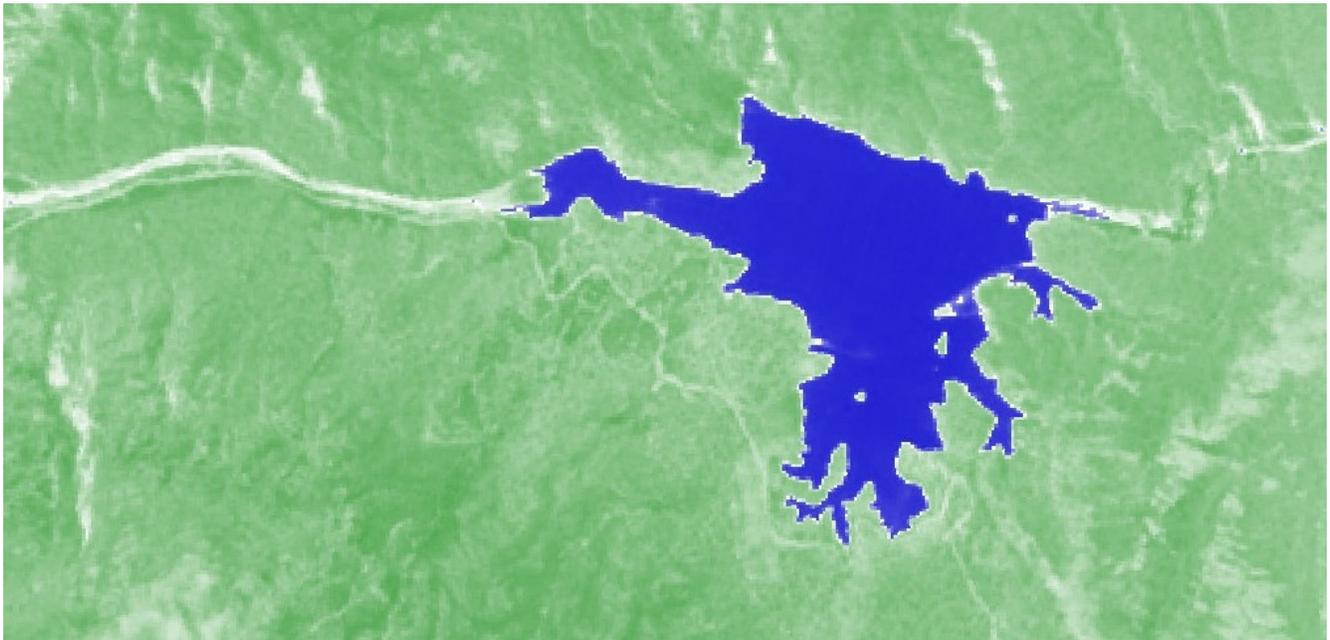
2. Dique de Olta

El Dique de Olta (o Dique de La Quebrada de Olta) se sitúa en el Departamento General Belgrano a aproximadamente 5 kilómetros hacia el Oeste de la ciudad de Olta, un casco de población de aproximadamente 5.000 habitantes que además constituye la cabecera departamental, a una altitud aproximada de 610 metros sobre el nivel del mar.

Las coordenadas geográficas del mencionado dique son -30.638889° Latitud Sur y -66.296471° Longitud Oeste.

Posee un rico entorno natural rodeada de abundante vegetación autóctona, de vertientes y arroyos que realzan sus bellezas naturales haciéndola propicia para el descanso, el paseo y el disfrute turístico.

Figura N° 5: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique de Olta (300M) – Bandas 3_8



Resulta un ambiente tranquilo y agradable que brinda un imponente paisaje, que permite la práctica de deportes náuticos y la pesca, constituyendo todo un atractivo de la ciudad de Olta; a la cual se la denomina como el “Oasis de los Llanos Riojanos”.

Se caracteriza por un clima templado constante, con veranos muy calurosos e inviernos benignos, que permite su pleno disfrute a lo largo de todo el año y constituye en la región un oasis arbolado con especies autóctonas y exóticas que rompe con la aridez típica de los terrenos circundantes.

Su principal vía de acceso es un camino vecinal consolidado que nace a la vera de la Ruta Nacional N° 79 desde las proximidades del núcleo urbano.

Figuras N° 6 - 7: Fotografías panorámicas del Dique de Olta



El Dique de Olta fue construido con la finalidad de proveer de agua para el consumo humano de la ciudad de Olta, localidad de Loma Blanca y los alrededores. Además de acumular agua para el riego y para actividades deportivas y recreativas.

Los principales afluentes del dique en cuestión son las quebradas de las Sierras de Los Llanos, el Río Las Huertas y el Río de Olta.

El Río de Olta recorre desde las mencionadas sierras más de 15 kilómetros hasta el Dique de Olta, desde donde continua por su cauce natural por la quebrada del mismo nombre. Cruza por debajo de la Ruta Nacional N° 79 a través de un puente alcantarillado por las adyacencias de la ciudad y continua por aproximadamente 17 kilómetros.

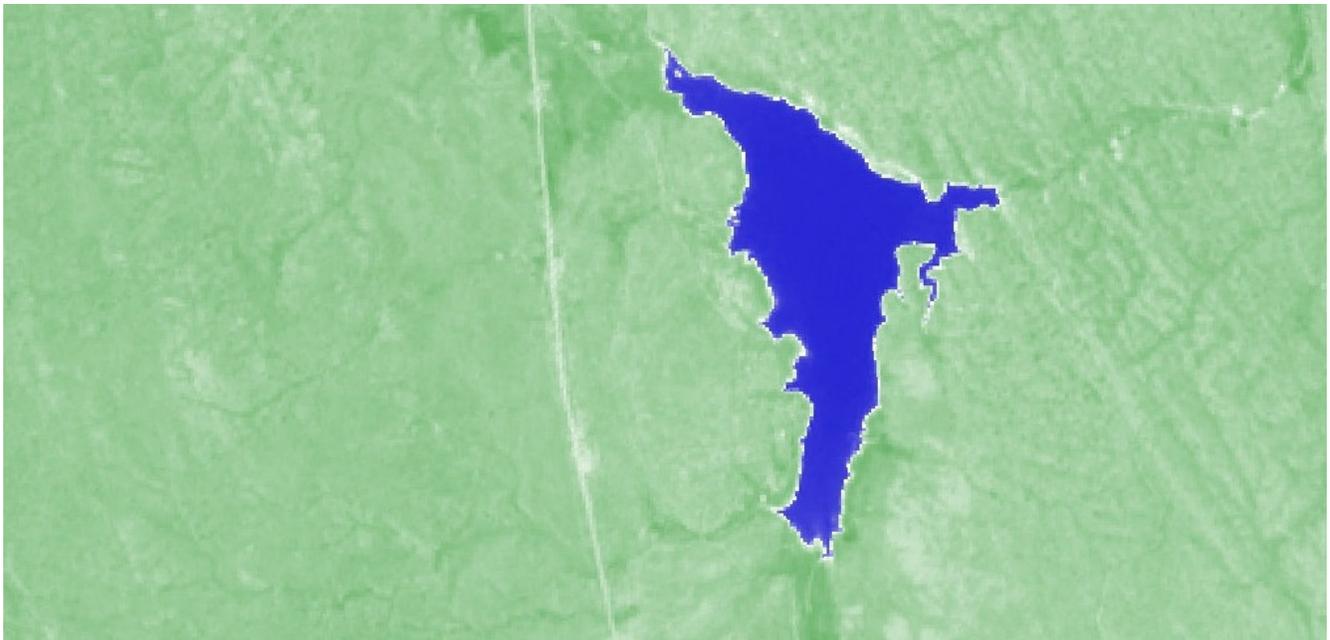
3. Dique El Cisco

El Dique El Cisco está ubicado en la localidad de El Cisco, Departamento General Belgrano, a aproximadamente 12 kilómetros hacia el Sur de la ciudad de Olta y a 27 kilómetros hacia el sector Norte de la localidad de Villa Santa Rita de Catuna, a una altitud aproximada de 507 metros sobre el nivel del mar.

Las coordenadas geográficas del mencionado dique son -30.745665° Latitud Sur y -66.217204° Longitud Oeste.

Su principal vía de acceso es un corto camino vecinal de regular estado de transitabilidad que se encuentra a la vera de la Ruta Nacional N° 79 a la altura del kilómetro 196 (frente de la entrada hacia el Paraje La Ciénaga). A tan solo 3 kilómetros de las formaciones denominadas como “Las Torrecitas”.

Figura N° 8: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique El Cisco (300M) – Bandas 3_8



El Río El Cisco resulta el principal afluente del dique. Nace en la parte alta de las quebradas de las Sierras de los Llanos. Cruza por debajo de la Ruta Nacional N° 79 a la altura del kilómetro 192,5. Recorre aproximadamente 17 kilómetros hasta el Dique El Cisco, desde donde continua por su cauce natural por más de 15 kilómetros en donde termina desapareciendo.

Este dique, construido mediante un imponente muro de contención de 25 metros de altura sobre el cual se monta además un puente pasadizo, provee de agua para las actividades de la denominada Colonia El Cisco y zonas aledañas.

Figuras N° 9 - 10: Fotografías panorámicas del Dique El Cisco



La colonia agrícola El Cisco fue creada a mediados de la década de 1960, cuando todavía se pensaban políticas para radicar gente en el campo. Consta de seis lotes de 30 hectáreas cada uno, con derecho a riego desde el dique.

En su época de esplendor la colonia se dedicaba a la producción agrícola donde se cultivaba alfalfa, cebada, avena y cultivos hortícolas, llegando a dar empleo a más de 100 personas.

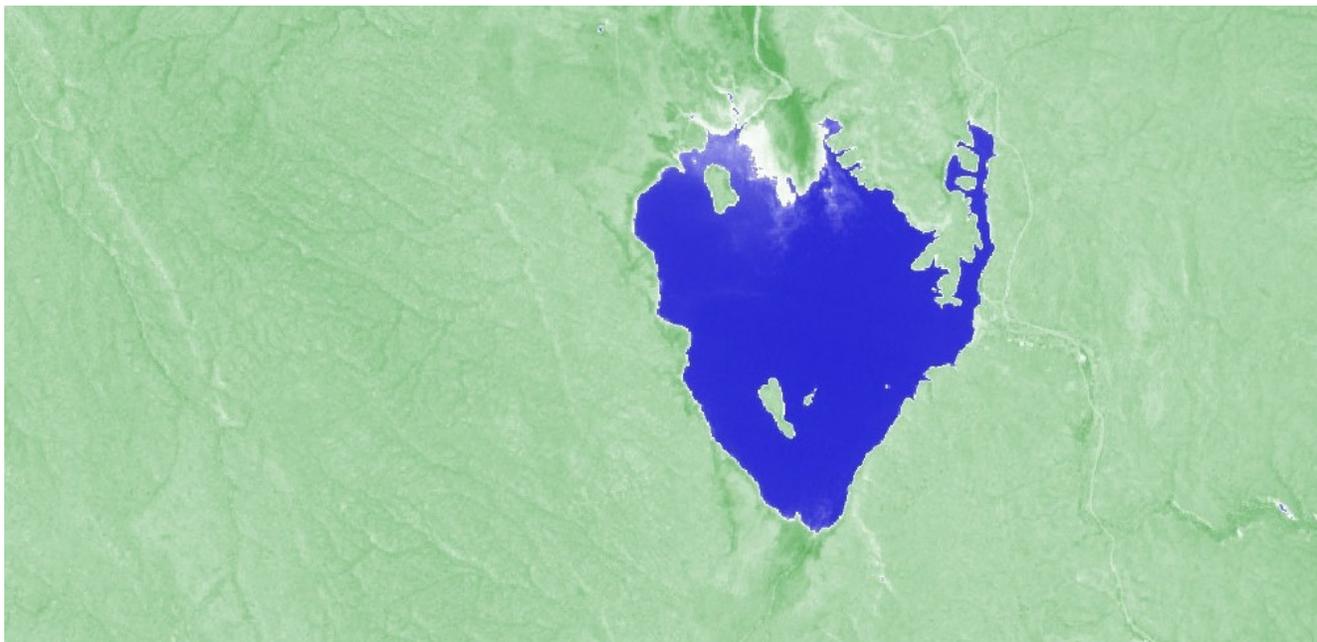
Es un ambiente que se caracteriza por un clima templado y una vegetación compuesta por monte espeso donde dificulta desarrollar otra actividad que no sea una ganadería precaria, sometida a los caprichos del régimen de lluvias.

4. Dique de Anzulón

El Dique de Anzulón se sitúa en la localidad de El Anzulón, Departamento General Ocampo, a aproximadamente 14 kilómetros hacia el Noroeste de Villa Santa Rita de Catuna y a 48 kilómetros hacia el Sur de la ciudad de Olta. A una altitud aproximada de 570 metros sobre el nivel del mar.

Las coordenadas geográficas del dique en cuestión son -30.856872° Latitud Sur y -66.270477° Longitud Oeste.

Figura N° 11: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique de Anzulón (500M) – Bandas 3_8



Al Dique de Anzulón se llega transitando por la Ruta Provincial N° 31 (entre Olta y Catuna), la cual presenta óptimas condiciones de transitabilidad.

Los caudales de crecidas de los ríos y arroyos, entre ellos el del Río Anzulón, el cual es el de mayor caudal medio anual de las Sierras de los Llanos, confluyen en el Dique de Anzulón; construido a finales de la década de 1930 con el objetivo de abastecer a la actividad agrícola ganadera de la zona.

El Río Anzulón recorre, desde las Sierras de los Llanos (con el nombre de Río Solca), más de 25 kilómetros hasta el dique, desde donde se lo desvía de su cauce natural mediante una obra hídrica llamada “Canal de Anzulón” el cual tiene una longitud de aproximadamente 35 kilómetros. Cruza por debajo de la Ruta Nacional N° 79 a través de un puente alcantarillado a la altura del kilómetro 176,5 y

sigue su curso hasta las proximidades de la localidad de Milagro a quien provee de agua para su posterior potabilización.

Figuras N° 12 - 13: Fotografías panorámicas del Dique de Anzulón



El Dique de Anzulón abastece de agua principalmente a los campos agrícola ganaderos de la zona. Además, a las parcelas de la Colonia Ortiz de Ocampo en Catuna y a la planta potabilizada de agua para consumo humano en la localidad de Milagro.

La zona brinda un imponente paisaje, con un ambiente acuático muy tranquilo y agradable que permite la pesca y la práctica de deportes náuticos.

El clima del área es seco y cálido, las temperaturas disminuyen con la altura y las noches suelen ser más frescas. Las precipitaciones generalmente se dan en forma de lluvia de variada intensidad durante el periodo octubre - marzo.

La elevada insolación y las altas temperaturas diarias, principalmente en verano, determinan un importante déficit hídrico.

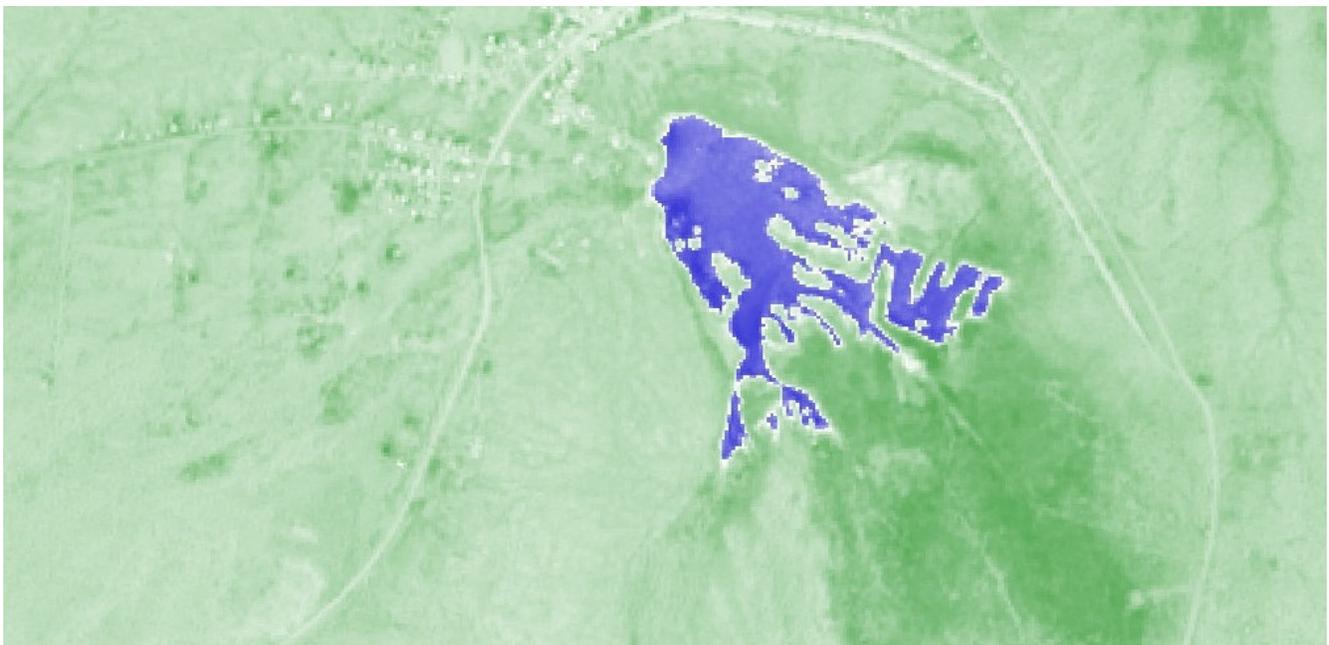
El tipo de vegetación predominante es de tipo arbustal seco caracterizado por la presencia de emergentes de quebracho blanco (*Aspiroderma quebracho blanco*) y algarrobo negro (*Prosopis flexuosa*).

5. Dique El Portezuelo

El Dique El Portezuelo se encuentra próximo hacia el sector Sur de la localidad de El Portezuelo, Departamento Juan Facundo Quiroga, a una altitud aproximada de 802 metros sobre el nivel del mar. A aproximadamente 11 kilómetros hacia el Oeste de la localidad de Malanzán, cabecera del departamento, y a 78 kilómetros al Norte de la Ciudad de Chepes.

Las coordenadas geográficas del mencionado dique son -30.841802° Latitud Sur y -66.700274° Longitud Oeste.

Figura N° 14: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique El Portezuelo (300M) – Bandas 3_8



El Dique de El Portezuelo fue construido mediante un imponente muro de contención a mediados de la década del año 1970.

Tiene como principales vías de acceso las rutas provinciales 28 y 29, las cuales, en general, se presentan en buenas condiciones.

El principal afluente del dique es el Río El Portezuelo, el cual nace en la Sierras de los Llanos a una altura aproximada de 950 metros sobre el nivel del mar y recorre varios kilómetros hasta la localidad de El Portezuelo.

El Portezuelo es una localidad que cuenta con aproximadamente 1.000 habitantes, número que la convierte en este sentido en la segunda localidad del departamento después de Malanzán.

Figuras N° 15 - 16: Fotografías panorámicas del Dique El Portezuelo



El área posee un clima seco y cálido, con altas temperaturas durante el día que disminuyen por las noches tornándolas algo frescas.

La elevada insolación y las altas temperaturas diarias, principalmente en verano, determinan un importante déficit hídrico. Las precipitaciones se dan, generalmente, en forma de lluvia de variada intensidad durante el periodo que abarcan los meses de octubre a marzo.

En este dique se practicó históricamente la pesca del pejerrey. Las escasas precipitaciones, entre otras cuestiones, derivaron en el evidente estado de abandono del dique. A tal punto que se dejó de hacer el Festival del Pejerrey que se realizaba todos los años, evento que era un hito cultural esperado por toda la región.

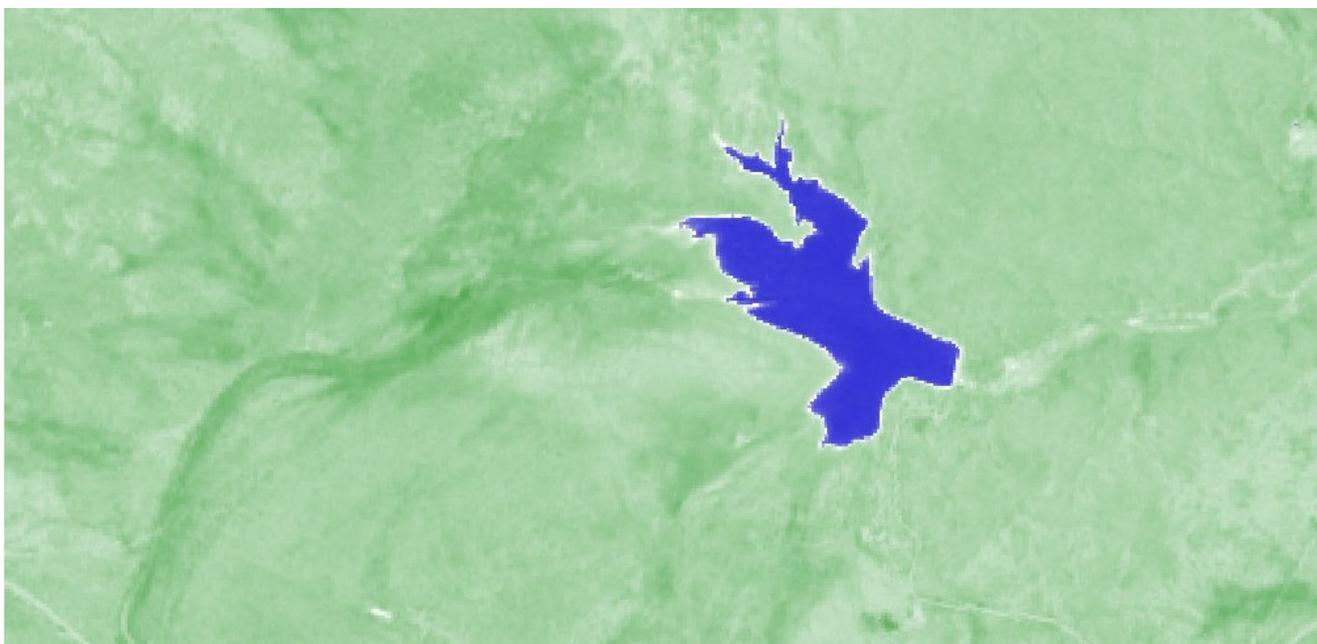
Después de varios años, en el 2015 se empezó a trabajar con la finalidad de recuperar el dique. Estos trabajos más las lluvias de los últimos años propiciaron la posibilidad del sembrado de peces para su reproducción.

6. Dique El Saladillo

El Dique El saladillo se sitúa en la localidad de El Saladillo, Departamento General Ocampo, a aproximadamente 15 kilómetros al Suroeste de la localidad de Villa Santa Rita de Catuna y a 16 kilómetros hacia el Noreste de la localidad de Ambil. A una altitud aproximada de 523 metros sobre el nivel del mar.

Las coordenadas geográficas del mencionado dique son -31.036124° Latitud Sur y -66.274133° Longitud Oeste.

Figura N° 17: Imagen satelital Sentinel-2 del Dique El Saladillo (300M) – Bandas 3_8



El Dique El Saladillo fue construido, a mediados de la década del año 1970, mediante una presa de gravedad que posibilita embalsar las aguas que bajan desde las Sierras de Los Llanos.

Lamentablemente este dique constituye un espejo de millones de litros de agua que hasta el día de hoy no son aprovechados por su alto contenido salínico.

Hace unos años atrás se habló de la factibilidad de una obra de conducción mediante acueductos y una planta desalinizadora que dejaría el agua en condiciones para ser aprovechada específicamente para el riego de las parcelas en la Colonia Ortiz de Ocampo. Lo cierto es que, hasta el día de hoy el agua, lamentablemente, se sigue desperdiciando.

Los principales afluentes del Dique El Saladillo son las quebradas de las Sierras de Los Llanos y el Río Saladillo.

Figuras N° 18 - 19: Fotografías panorámicas del Dique El Saladillo



El Río Saladillo nace en la parte alta de las Sierras de los Llanos. Recorre más de 15 kilómetros hasta el dique, desde donde continua por su cauce natural. Cruza por debajo de la Ruta Nacional N° 79 y continua por aproximadamente 25 kilómetros más, recorrido en que además termina cruzando por otro puente en la Ruta Provincial N° 31, altura a la cual se lo conoce con el nombre de Río La Paloma.

Tiene como principal vía de acceso un camino vecinal consolidado distante a aproximadamente 3 kilómetros de la Ruta Nacional N° 79.

Tabla N° 3: Resumen de datos de los cuerpos de agua identificados

Nombre	Dique de La Aguadita	Dique de Olta	Dique El Cisco	Dique de Anzulón	Dique El Portezuelo	Dique El Saladillo
Provincia	La Rioja	La Rioja	La Rioja	La Rioja	La Rioja	La Rioja
Región	Llanos	Llanos	Llanos	Llanos	Llanos	Llanos
Subregión	Llanos Norte	Llanos Norte	Llanos Norte	Llanos Sur	Llanos Sur	Llanos Sur
Coordenadas	-30.415801° -66.376878°	-30.638889° -66.296471°	-30.745665° -66.217204°	-30.856872° -66.270477°	-30.841802° -66.700274°	-31.036124° -66.274133°
Altitud	594	610	507	570	802	523
Construcción	Finales de la década de 1990			Finales de la década de 1930	Mediados de la década de 1970	Mediados de la década de 1970
Usos	Actividades agrícolas Consumo humano	Consumo humano	Actividades agrícolas	Actividades agrícolas Consumo humano		Ninguno
Control	IPALAR	IPALAR	IPALAR	IPALAR	IPALAR	IPALAR
Afluentes	Quebrada Doña Rosa Quebrada de La Toma Quebrada de Toledo Río Tirante	Río Olta Río Las Huertas	Río Cisco	Río Anzulón Río Solca Río Nacate	Río El Portezuelo	Río Saladillo Río La Paloma

CONCLUSIONES

Se ha identificado mediante la presente investigación que en la Región de Los Llanos de la provincia de La Rioja existen 6 grandes cuerpos de agua y que los mismos corresponden a embalses artificiales creados a partir de la construcción de presas o diques.

Se ha caracterizado el entorno ambiental de cada uno de los cuerpos. Se determinó la ubicación geográfica de cada uno de los cuerpos de agua identificados precisando su Latitud y Longitud, Altitud y principales vías de acceso.

Se estableció que el cuerpo de agua más importante de la región corresponde al Dique de Anzulón, ubicado en la Subregión Llanos Sur.

Se ha comprobado que los SIG son de gran utilidad para este tipo de estudios dado que nos permiten generar mapas de situación a través de los cuales se pueden llevar a cabo diferentes tipos de análisis y diseñar estrategias tendientes a la sostenibilidad ambiental.

Se destaca la valiosa información histórica aportada por las imágenes satelitales y los buenos resultados obtenidos a partir de su procesamiento mediante el programa QGIS, el cual provee importantes herramientas que ayudan a estudiar objetos sin tener contacto directo con ellos.

RECOMENDACIONES

- Estudiar las fluctuaciones de los espejos de agua de forma integral y no fragmentado para poder dar un uso sostenible de estos ecosistemas.
- Tener un acompañamiento y monitoreo por parte de las entidades ambientales de las actividades que demanden uso de agua a fin de garantizar el desarrollo sostenible de este recurso pensando en las futuras generaciones.
- Implementar un monitoreo periódico de los diques en cuanto a su calidad y nivel de agua, caudales de los afluentes y efluentes, perfiles de temperatura y batimetría, etc.

GLOSARIO DE TERMINOS Y ABREVIATURAS

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

EEA: Estación Experimental Agropecuaria.

IGN: Instituto Geográfico Nacional.

USGS: United States Geological Survey (Servicio Geológico de Estados Unidos).

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

CUERPOS DE AGUA: Son las áreas cubiertas con agua de origen natural, como son los lagos, lagunas, ciénagas, pantanos y ríos. Artificiales como embalses, estanques, piscinas o canales de distinto grado de sedimentación.

DIQUE: Un dique es un obstáculo que se opone al paso de la corriente en un cauce, para elevar el nivel del agua a una cota suficientemente alta que permita el almacenamiento del agua de dicho cauce.

EMBALSE: Gran depósito que se forma artificialmente, por lo común cerrando la boca de un valle mediante un dique o presa, y en el que se almacenan las aguas de un río o arroyo, a fin de utilizarlas en el riego de terrenos, en el abastecimiento de poblaciones, en la producción de energía eléctrica, etc. (R.A.E.)

CLASIFICACION SUPERVISADA: Es la clasificación realizada a través de una PC que define las características espectrales de las clases mediante la identificación de áreas de muestreo.

PIXEL: Abreviatura de picture element. Cada uno de los elementos que componen una imagen dispuestos matricialmente en filas y columnas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

García, J., Brondo, E. & Pérez, M. (2012). Los satélites de teledetección para la gestión del territorio. *Universidad de La Laguna*.

Guevara, M. (). Estructuras hidráulicas – Embalses.

González Bustos, N. & Gonzalez Mahecha, A. (2015). Análisis multitemporal del espejo de agua en la laguna de Fúnquene para el periodo de 1985 a 2015. *Universidad Nacional de Manizales*.

Merg, C., Petri, D., Schmid, F., y otros (2013). Uso de imágenes satelitales para el estudio de la evolución de las lagunas Carri-Laufquen, provincia de Río Negro. *Departamento Provincial de Aguas de Río Negro*.

Rojas Laura, K., Cárdenas Álvarez, C., (2012) Identificación y registro catastral de cuerpos de agua mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes LandSat-5. *Universidad Nacional de Ingeniería de Perú*

PÁGINAS WEB

Instituto Geográfico Nacional (IGN):

<http://www.ign.gob.ar/>

Servicio Meteorológico Nacional:

<http://www.smn.gov.ar/>

Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE):

<http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA):

<http://inta.gob.ar/>

Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS):

<https://www.usgs.gov/>

El presente trabajo se llevó a cabo a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando el software QGIS e imágenes satelitales con el objetivo de identificar los principales cuerpos de agua de Los Llanos Riojanos.

La investigación consistió en una clasificación supervisada de imágenes satelitales Sentinel-2A provistas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). A Dichas imágenes se las sometió a los correspondientes procesos de corrección y luego se les aplicó una combinación de bandas basada en el índice diferencial de agua normalizado (NDWI).

Estos procesos permitieron posteriormente identificar claramente los cuerpos de agua más relevantes (embalses) de La Región de Los Llanos de la Provincia de La Rioja.

