



Análisis multitemporal del espejo de agua del Dique de Anzulón a partir de imágenes satelitales LandSat

Domingo Dolores Garay

Juan Nicolás Gabriel Agüero

Análisis multitemporal del espejo de agua del Dique de Anzulón a partir de imágenes satelitales LandSat

Domingo Dolores Garay

garay.domingo@inta.gob.ar

Juan Nicolás Gabriel Agüero

aguero.juan@inta.gob.ar

Investigadores del INTA EEA La Rioja

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 y Ordenamiento 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

Análisis multitemporal del espejo de agua del Dique de Anzulón a partir de imágenes satelitales LandSat

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.

Cita sugerida: Garay & Agüero (2017) Análisis multitemporal del espejo de agua del Dique de Anzulón a partir de imágenes satelitales LandSat

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. Lisandro Javier Blanco, investigador del Área de Recursos Naturales de la EEA La Rioja, por los valiosos comentarios y sugerencias en cuanto al contenido de esta publicación.

Al Sr. Ramón Simón Corzo, Administrador de la EEA La Rioja, por su desinteresada colaboración para con nuestro equipo de trabajo.

Índice de Contenidos

	Pág.
Resumen	1
Abstract	1
Introducción	2
Objetivos	3
Materiales y Método	4
Criterios	10
Resultados	10
Conclusiones	20
Recomendaciones	21
Glosario	22
Bibliografía	23
Páginas web	24
Anexos	25

Figuras	Pág.
Figura N° 1. Ubicación geográfica del área de estudio	4
Figuras N° 2 - 3. Fotografías sector Norte del Dique de Anzulón	5
Figuras N° 4 - 5. Fotografías sector Sur del Dique de Anzulón	5
Figuras N° 5 - 6. Fotografías sector Oeste del Dique de Anzulón	6
Figura N° 7. Superficies de los espejos de agua de la década de 90	14
Figura N° 8. Superficies de los espejos de agua del periodo 2000 - 2004	14
Figura N° 9. Superficies de los espejos de agua del periodo 2005 - 2009	15
Figura N° 10. Superficies de los espejos de agua del periodo 2010 - 2015	15
Figura N° 11. Imagen general de los espejos de agua del periodo estudiado	26

Tablas	Pág.
Tabla N° 1. Descripción de las imágenes satelitales utilizadas para el estudio	7
Tabla N° 2. Estimación de la superficie del espejo de agua del dique de Anzulón	11
Tabla N° 3. Datos estadísticos referidos a las superficies del espejo de agua	13

Gráficos

Pág.

Gráfico N° 1. Superficie porcentual anual de agua con respecto al área máxima	13
Gráfico N° 2. Dinámica de la superficie del espejo de agua del Dique de Anzulón	16
Gráfico N° 3. Frecuencia hídrica del espejo de agua del Dique de Anzulón	17
Gráfico N° 4. Comportamiento del espejo de agua en relación a las precipitaciones	18

RESUMEN

El presente trabajo consta de un estudio multitemporal realizado a través de los Sistemas de Información Geográfica y mediante el software ENVI, donde se identificó, describió y analizó el comportamiento del espejo de agua del Dique de Anzulón, situado en la provincia de La Rioja, en un periodo de 26 años a partir de 1990.

La investigación se llevó a cabo mediante una clasificación supervisada de imágenes satelitales LandSat. De dichas imágenes, luego de someterlas a procesos de corrección, se analizaron 26 momentos correspondientes al periodo comprendido entre los años 1990 y 2015 que reflejan la dinámica del espejo de agua del Dique de Anzulón.

La clasificación de cada una de las escenas permitió observar que el Dique de Anzulón ha mostrado a lo largo de los años analizados un comportamiento fluctuante en cuanto a su superficie de agua con constantes aumentos y descensos.

ABSTRACT

The present work consists of a multitemporal study carried out through the Geographic Information Systems and through the ENVI software, where the behavior of the water mirror of the Anzulón Dam, located in the province of La Rioja, was identified, described and analyzed. A period of 26 years from 1990.

The research was carried out using a supervised classification of LandSat satellite imagery. From these images, after subjecting them to correction processes, we analyzed 26 moments corresponding to the period between 1990 and 2015 that reflect the dynamics of the water mirror of the Anzulón Dam.

The classification of each of the scenes made it possible to observe that the Dique de Anzulón has shown throughout the analyzed years a fluctuating behavior in terms of its water surface with constant increases and decreases.

INTRODUCCION

Los avances tecnológicos respecto a los Sistemas de Información Geográfica son muy importantes. Y aunque parezca ser un tema nuevo, la verdad es que su aplicación se viene realizando desde hace varias décadas, solo que su auge y reconocimiento en las diferentes disciplinas está tomando fuerza en los últimos años. A tal punto que se ha convertido en una herramienta fundamental para investigadores de distintas especialidades que sustentan sus estudios en el uso de aquellos (Agüero & Garay, 2016).

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, en muchos casos enfocados a la agricultura, conservación, meteorología, la ordenación del territorio o la elaboración de cartografía, etc. (García et al., 2012).

Las Imágenes LandSat son un insumo que permite obtener resultados favorables respecto a proyectos de tipo investigativo, sobre todo en la parte 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 (Garay & Agüero, 2017).

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 (Garay & Agüero, 2017).

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 estudios y/o análisis multitemporales permiten divisar cambios entre diferentes fechas de referencia, deduciendo las transformaciones del medio natural o las consecuencias de la acción humana sobre ese medio (Chuvienco, 1996).

Un análisis multitemporal es un análisis de tipo espacial que implica un cruce digital de dos o más imágenes satelitales que previamente han sido clasificadas y que obligatoriamente guardan cierta similitud en sus características.

El cruce digital de las imágenes permite detectar las coberturas que han tenido cambio y cuantificar las coberturas que ganan o pierden área, ya que se supone que la pérdida de área para una determinada clase corresponde a la sustitución de la misma por otra cobertura.

El mencionado proceso se llevó a cabo mediante el software ENVI, el cual combina características avanzadas de procesamiento de imagen espectral y probada tecnología de análisis geoespacial.

ENVI tiene las últimas herramientas de procesamiento y análisis, entre ellas la de clasificación supervisada la cual se basa en la disponibilidad de áreas de entrenamiento. Se trata de áreas de las que se conoce a priori la clase a la que pertenecen y que servirán para generar una signatura espectral característica de cada una de las clases.

Se le llama supervisada justamente porque dirigimos el procedimiento entrenando la clasificación con nuestros conocimientos sobre las clases. Es un proceso en que píxeles de identidad conocida, ubicados dentro de las áreas de entrenamiento, se utilizan para clasificar píxeles de identidad desconocida.

OBJETIVOS

Objetivos primarios:

- Determinar la superficie del espejo de agua del Dique de Anzulón mediante el uso de imágenes satelitales LandSat.
- Describir y analizar la dinámica del espejo de agua del Dique de Anzulón.

Objetivos secundarios:

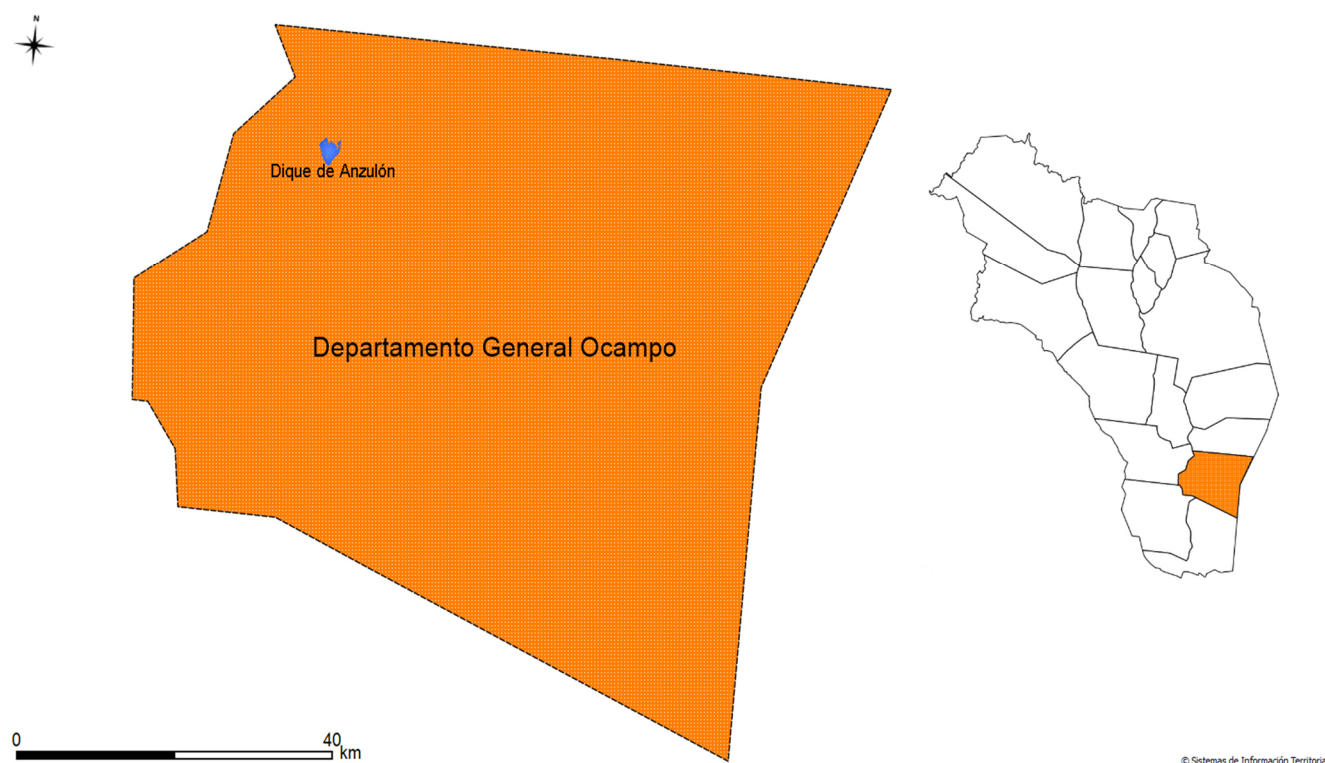
- Determinar el máximo y el mínimo espejo de agua del periodo,

- Determinar el área máxima albergable del dique,
- Obtener los cálculos estadísticos correspondientes,
- Determinar la frecuencia por situación hídrica de las superficies del espejo de agua.

MATERIALES Y METODO

El área de estudio se ubica geográficamente al pie de las Sierras de Los Llanos conformada por una cadena montañosa de aproximadamente 150 kilómetros de largo y con una altura máxima que ronda los 1.800 metros sobre el nivel del mar.

Figura N° 1: Ubicación geográfica del área de estudio a nivel departamental y provincial



La misma comprende territorios del Departamento General Ocampo (Figura N° 1), perteneciente a la Región de Los Llanos de la provincia de La Rioja, la cual se caracteriza por ser una extensa llanura con escasa pendiente orientada hacia el Sur Este.

Los caudales de las crecidas de la cuenca de aporte, entre ellos el del Río Anzulón (el cual es el de mayor caudal medio anual de las Sierras de los Llanos) confluyen en un embalse de acumulación denominado “Dique de Anzulón” (Figuras N° 2 y 3).

Figuras N° 2 y 3: Fotografías sector Norte del Dique de Anzulón



Según los lugareños este dique se terminó de construir en el año 1937 después de aproximadamente 10 años de labor. El objetivo de la obra fue abastecer a la actividad ganadera de la región. La obra consistió en un muro de contención de 112 metros de longitud, un coronamiento preventivo y, un vertedero de desagüe de 150 metros. A lo largo del mencionado muro se construyó, además, un puente pasadizo de 5 metros de ancho (Figura N° 4 y 5).

Figuras N° 4 y 5: Fotografías sector Sur del Dique de Anzulón



El Dique de Anzulón se sitúa a aproximadamente 14 kilómetros de Villa Santa Rita de Catuna y a 215 kilómetros de la ciudad de La Rioja. A una altitud de 580 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son: 30°51.437' Latitud Sur y 66°16.221' Longitud Oeste.

Al Dique de Anzulón se llega transitando por la Ruta Provincial N° 31 (entre Olta y Catuna). Si bien la mencionada vía es una ruta de ripio consolidado en líneas generales se encuentra en buen estado de transitabilidad para cualquier tipo de vehículo automotor.

El Dique de Anzulón es un ambiente acuático con condiciones propicias para practicar la pesca del pejerrey. Si bien años atrás el nivel de las aguas llegó a descender hasta quedarse casi seco (provocando la consiguiente mortandad de peces) en estos últimos años, gracias a las copiosas lluvias, el nivel del agua del dique ascendió considerablemente.

Figuras N° 5 y 6: Fotografías del sector Oeste del Dique de Anzulón



El proceso de obtención de datos se llevó a cabo mediante la herramienta de Clasificación Supervisada (Supervised Classification) del programa ENVI y a través del método Maximum Likelihood (Máxima verosimilitud).

Los parámetros utilizados para la región de estudio (ROI) fueron: “multiplicador” de valor 15 (excepto a la imagen corregida con gapfill a la que se le aplicó un multiplicador igual a 7) y “número de vecinos” (number of neighbors) de valor 4.

En este sentido, se procesaron 26 escenas (Tabla N° 1), una para cada año del periodo comprendido entre el 1990 al 2015. que reflejan la dinámica del espejo de agua del Dique de Anzulón.

La información se obtuvo de imágenes LandSat provistas por Earth Explorer del USGS y reproyectadas a EPSG: 4326, WGS84. El área de estudio fue cubierta por la escena correspondiente al Path 231 – Row 81 de acuerdo al Worldwide Reference System (WRS), el cual consiste un sistema de notación global para las imágenes LandSat que permite seleccionar una escena en concreto solo especificando el número de Path y Row.

Se seleccionaron imágenes con la menor nubosidad posible captadas entre abril y julio de cada año, rango que se encuentra fuera del periodo normal de consumación de las precipitaciones anuales de la región.

Las bandas fueron combinadas de acuerdo a la composición considerada como la más apropiada para este análisis en particular (cuerpos de agua). Una adecuada combinación de bandas garantiza una correcta clasificación supervisada. Para las imágenes LandSat L5 TM y LandSat L7 ETM se combinó las bandas 453 y para las LandSat L8 OLI utilizó las bandas 567.

<i>Tabla N° 1: Descripción de las imágenes satelitales utilizadas para el estudio</i>						
SATELITE	SENSOR	FECHA	PATH	ROW	ID	BANDAS
L5	TM	01-05-90	231	81	LT52310811990121CUB00	453
L5	TM	23-07-91	231	81	LT52310811991204CUB00	453
L5	TM	09-07-92	231	81	LT52310811992191CUB01	453
L5	TM	07-04-93	231	81	LT52310811993097CUB02	453
L5	TM	29-06-94	231	81	LT52310811994180CUB01	453
L5	TM	29-04-95	231	81	LT52310811995119CUB00	453
L5	TM	04-07-96	231	81	LT52310811996186CUB00	453
L5	TM	23-07-97	231	81	LT52310811997204CUB04	453
L5	TM	10-07-98	231	81	LT52310811998191COA0	453

L5	TM	11-06-99	231	81	LT52310811999162CUB00	453
L7	ETM	21-06-00	231	81	LE72310812000173EDC00	453
L7	ETM	12-07-01	231	81	LE72310812001255EDC00	453
L7	ETM	27-06-02	231	81	LE72310812002178CUB00	453
L7	ETM	29-05-03	231	81	LE72310812003149EDC00	453
L5	TM	08-06-04	231	81	LT52310812004160COA01	453
L5	TM	26-05-05	231	81	LT52310812005146CUB02	453
L5	TM	14-06-06	231	81	LT52310812006165CUB02	453
L5	TM	17-06-07	231	81	LT52310812007168CUB00	453
L5	TM	15-03-08			LT52310812008075COA00	453
L5	TM	21-05-09	231	81	LT52310812009141COA00	453
L5	TM	08-05-10	231	81	LT52310812010128CUB00	453
L5	TM	25-04-11	231	81	LT52310812011115CUB00	453
L7 (*)	ETM	06-06-12	231	81	LE72310812012158EDC00	453
L8	OLI	01-06-13	231	81	LC82310812013152LGN00	567
L8	OLI	04-06-14	231	81	LC82310812014155LGN00	567
L8	OLI	26-07-15	231	81	LC82310812015238LGN00	567
L8	OLI	09-06-16	231	81	LC82310812016161LGN00	567

(*) Imágenes corregidas mediante la extensión gapfill.

En mayo de 2003 uno de los sensores del satélite LandSat L7 ETM dejó de funcionar, dando como resultado que todas las imágenes adquiridas después de esa fecha comenzaron a presentar franjas de datos inválidos denominados gaps.

En virtud del mencionado inconveniente fue que se creó el algoritmo “gapfill” con el objetivo de corregir los valores perdidos en las escenas de aquel satélite. El software ENVI tiene la posibilidad de incorporar dicho algoritmo como una extensión o complementaria que permitió corregir los errores de bandeado de la imagen del año 2008 que seleccionamos para esta investigación.

Las imágenes fueron recortadas, dado que las mismas abarcan una gran cobertura regional, de acuerdo al área de estudio para que de esta manera los procesos de tratamiento y mejora sean más ligeros.

Determinación del área máxima:

Para determinar el Área máxima que el dique puede albergar, a la imagen satelital de cual se obtuvo el máximo espejo de agua (año 2001= 469,62 hectáreas) se la reclasificó mediante el mismo método (Maximum Likelihood) pero con parámetros diferentes a la primera clasificación: se aplicó “multiplicador” de valor 25 y “número de vecinos” de valor 8.

Pre-procesamiento de imágenes:

Corrección Geométrica. Se realizó una revisión visual respecto a la precisión en la georreferenciación de las imágenes y se realizó la corrección geométrica para las imágenes que lo requerían. Al realizar la corrección geométrica se asegura que se evalúen los mismos objetos para la ventana temporal de estudio.

Corrección Atmosférica. Las imágenes fueron corregidas atmosféricamente mediante el método Quick Atmospheric Correction.

Realce y mejoramiento. Se hizo un mejoramiento a las imágenes con el fin de tener una mejor apreciación de las coberturas de acuerdo a la composición de color en el proceso de clasificación. La atenuación de las sombras de las imágenes permitió que las coberturas se aprecien más homogéneas y mejor delimitadas para la posterior clasificación. El realce y mejoramiento son etapas importantes en el pre-procesamiento. Permiten sacar el mayor provecho a la información raster y facilita el procesamiento.

Proceso de Clasificación (Supervisada):

El proceso de clasificación comenzó con la elección de las bandas a combinar de la escena seleccionada. Se procedió a trabajar las imágenes satelitales mediante el método “Maximum Likelihood”. Luego se estableció la ROI o región de interés y se le eligieron los parámetros deseados.

Posteriormente se procedió a seleccionar las zonas de cultivo (Grow) para obtener su valor espectral, clasificando píxeles que representan los patrones del tipo “cuerpos de agua” y a partir de los cuales se clasificaron las zonas con iguales características.

Después se llevaron a cabo los ajustes de la región de cultivo (Region Growin) hasta obtener los valores considerados como los más adecuados para esta clasificación. La región de interés en nuestra imagen es un cuerpo de agua, es decir que, esto comprende solamente una única clase.

Hecho lo anterior, se obtuvo el cálculo de área o superficie (Report Area Of ROIs) en hectáreas.

Post Clasificación:

Se procedió a exportar los resultados obtenidos del proceso de clasificación supervisada y se extrajo los vectores correspondientes a cada una de las clasificaciones realizadas (Raster To Vector). Además, para una mejor visualización del área de interés específica se hizo un recorte de la misma a cada una de las imágenes clasificadas (Subset Data From ROIs).

CRITERIOS

- Se utilizaron únicamente imágenes satelitales LandSat.
- Las imágenes utilizadas fueron descargadas desde el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).
- La escena utilizada corresponde al Path 231 – Row 81 (WRS2).
- Las imágenes utilizadas son de fecha posterior al periodo normal de consumación de las precipitaciones en los Llanos Riojanos (periodo Octubre - marzo).

- Las imágenes seleccionadas fueron aquellas captadas, principalmente, entre los meses de abril y julio de cada año.
- El procesamiento y la obtención de estadísticas se realizó con el software ENVI y planilla de cálculo de Microsoft Excel.
- El sistema de referencia usado para el presente trabajo fue EPSG: 4326, WGS84.
- Los valores obtenidos expresan las oscilaciones del dique sólo en superficie (hectáreas) y no en volumen.

RESULTADOS Y DISCUSION

De los datos obtenidos se puede identificar las distintas variaciones producidas en el espejo de agua del Dique de Anzulón durante el periodo comprendido entre los años 1990 – 2015 (Tabla N° 2).

<i>Tabla N° 2: Estimación anual de la superficie del espejo de agua del Dique de Anzulón</i>				
AÑO DE LA IMAGEN	ESPEJO DE AGUA (HA)	CANTIDAD DE PÍXELES	% RESPECTO AL AREA MAXIMA ALBERGABLE	% VARIACION RESPECTO AL AÑO ANTERIOR
1990	225,45	2505	45,85	-
1991	140,85	1565	28,64	-37,52
1992	206,19	2291	41,93	46,39
1993	334,71	3719	68,06	62,33
1994	296,82	3298	60,36	-11,32
1995	242,01	2689	49,22	-18,47
1996	122,40	1360	24,89	-49,42

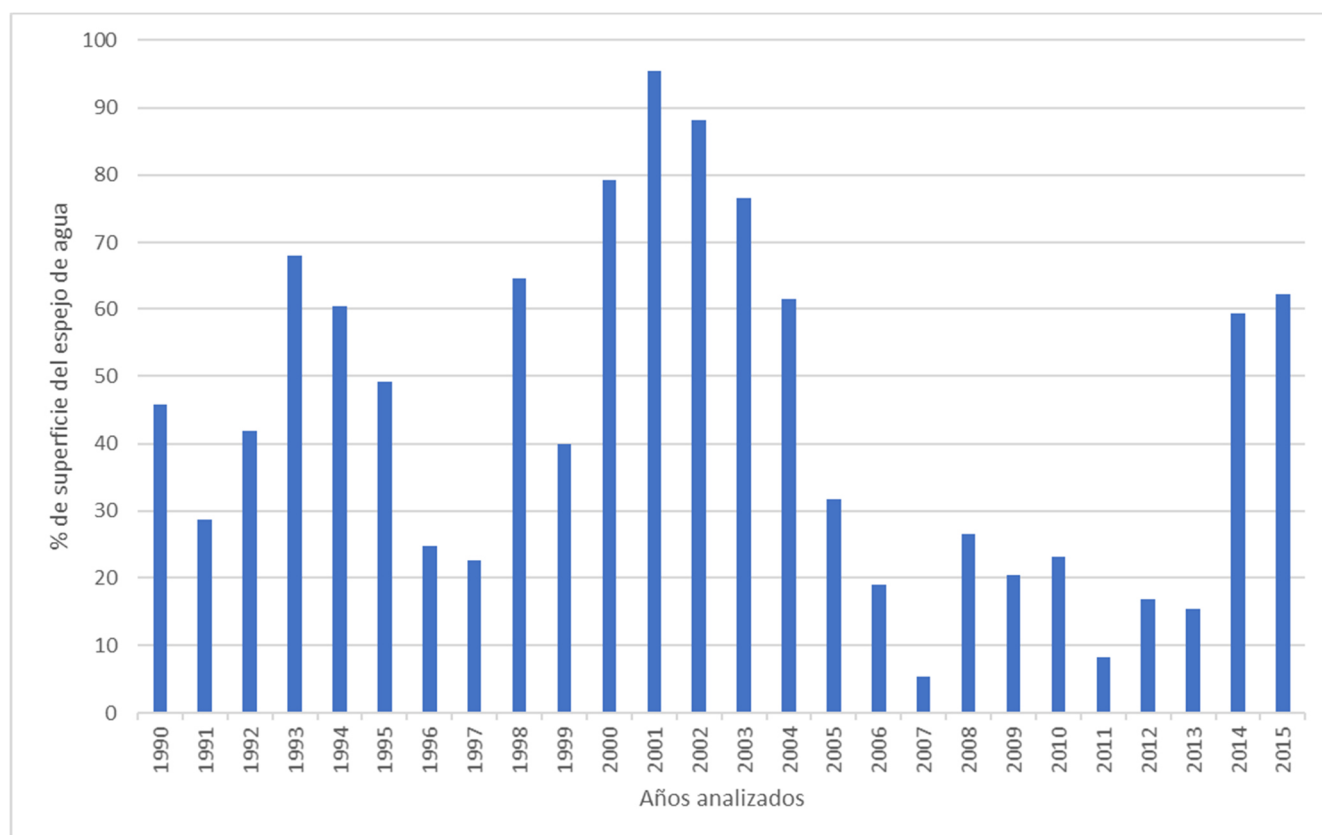
1997	111,42	1238	22,66	-8,97
1998	317,52	3528	64,67	184,98
1999	196,02	2178	39,86	-38,27
2000	390,20	4336	79,35	99,06
2001	469,62	5218	95,50	20,35
2002	433,62	4818	88,18	-7,67
2003	376,38	4182	76,54	-13,20
2004	302,40	3360	61,49	-19,66
2005	156,15	1735	31,75	-48,36
2006	92,88	1032	18,89	-40,52
2007	26,37	293	05,36	-71,61
2008	130,50	1450	26,54	394,88
2009	99,81	1109	20,30	-23,52
2010	113,94	1266	23,17	14,16
2011	40,23	447	08,18	-64,69
2012	82,89	921	16,86	106,04
2013	75,42	838	15,34	-9,01
2014	292,14	3246	59,41	287,35
2015	306,18	3402	62,26	4,81

Tabla N° 3: Datos estadísticos referidos a las superficies del espejo de agua

Promedio:	214,70		Desviación Estándar:	126,64
Coefficiente Variación:	0,59		Valor Mínimo:	26,37
Valor Máximo:	469,62		Rango:	443,25
Mediana:	201,11		Moda:	

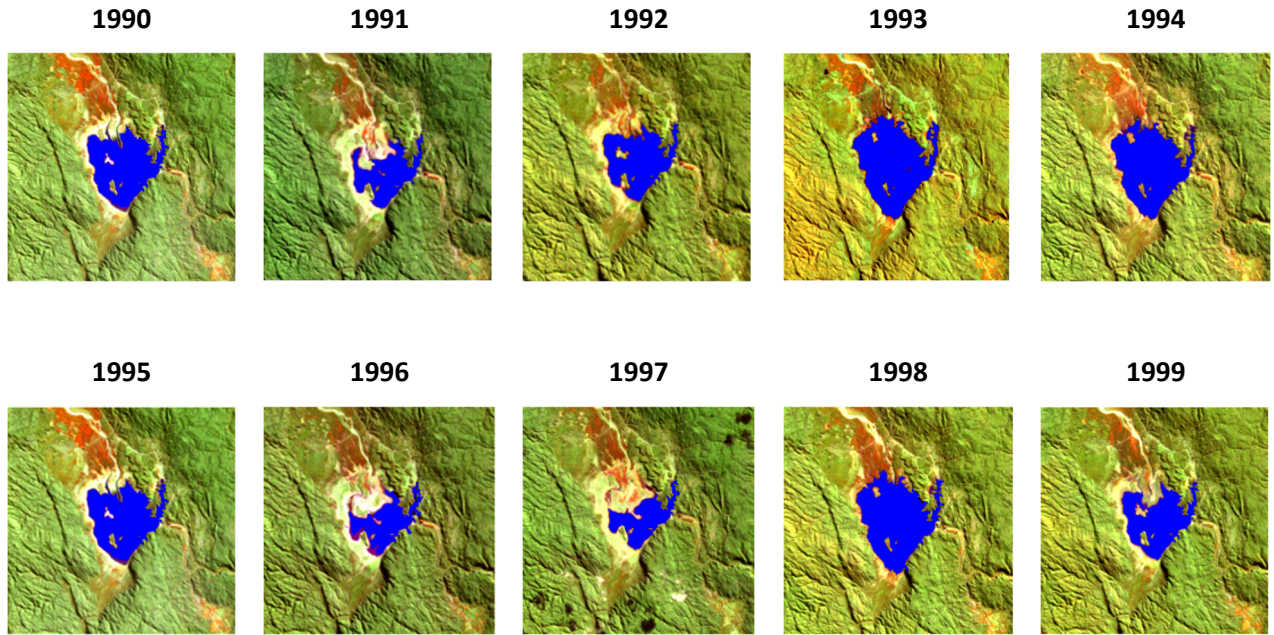
Se determinó un *Área Máxima Albergable* de 491,75 hectáreas, equivalente a 5.464 píxeles. Esto comprende la superficie máxima que el Dique de Anzulón puede brindar como espejo de agua.

Gráfico N° 1: Superficie porcentual anual de agua con respecto al área máxima albergable



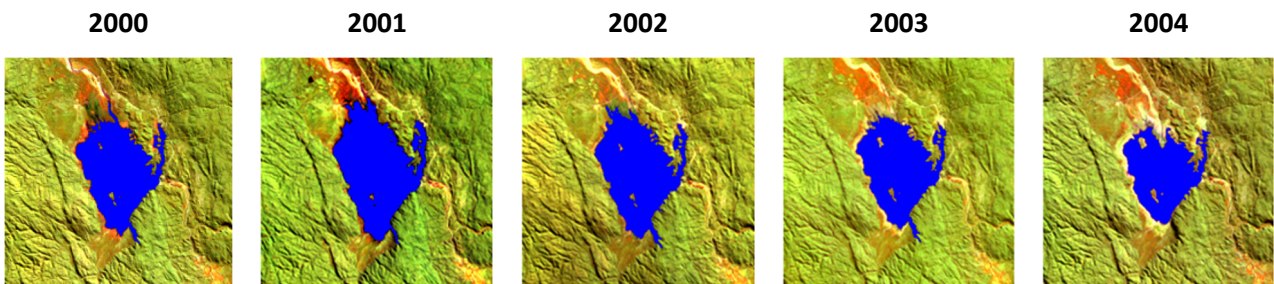
En virtud de aquello, el Gráfico N° 1 representa la superficie porcentual anual del espejo de agua en relación al área máxima albergable determinada para el Dique de Anzulón.

Tal cual se desprende de la tabla de estimaciones (Tabla N° 2) la década de 1990 fue un periodo durante el cual las constantes precipitaciones llevaron a la expansión del espejo de agua del dique a 334,71 en el año 1993, siendo éste el máximo de la década. La excepción de aquella se produjo en el año 1997, donde las escasas precipitaciones determinaron la consecuente disminución del espejo de agua del dique a 111,42 hectáreas.



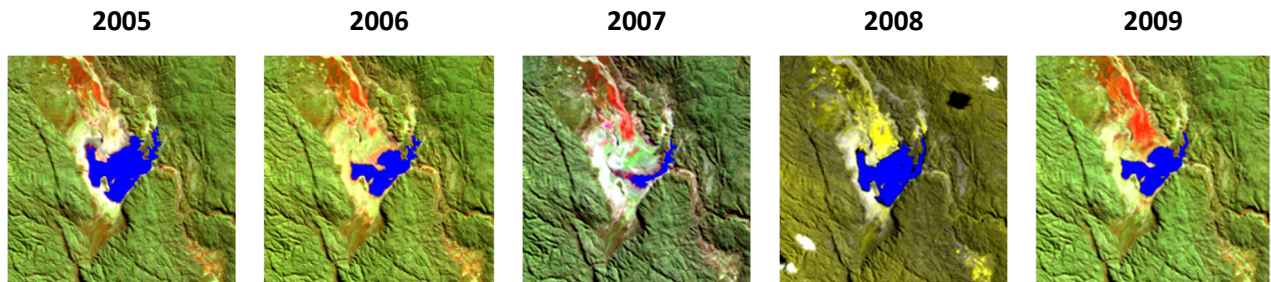
Entre los años 2000 y 2002 las constantes precipitaciones de la zona permitieron mantener casi el máximo espejo de agua que el dique puede brindar: 469,62 hectáreas en el año 2001, superficie que representa el 95,50% del área máxima albergable determinada para el dique.

A partir del año 2003 las precipitaciones anuales comenzaron a disminuir progresivamente, y por ende el espejo de agua también.

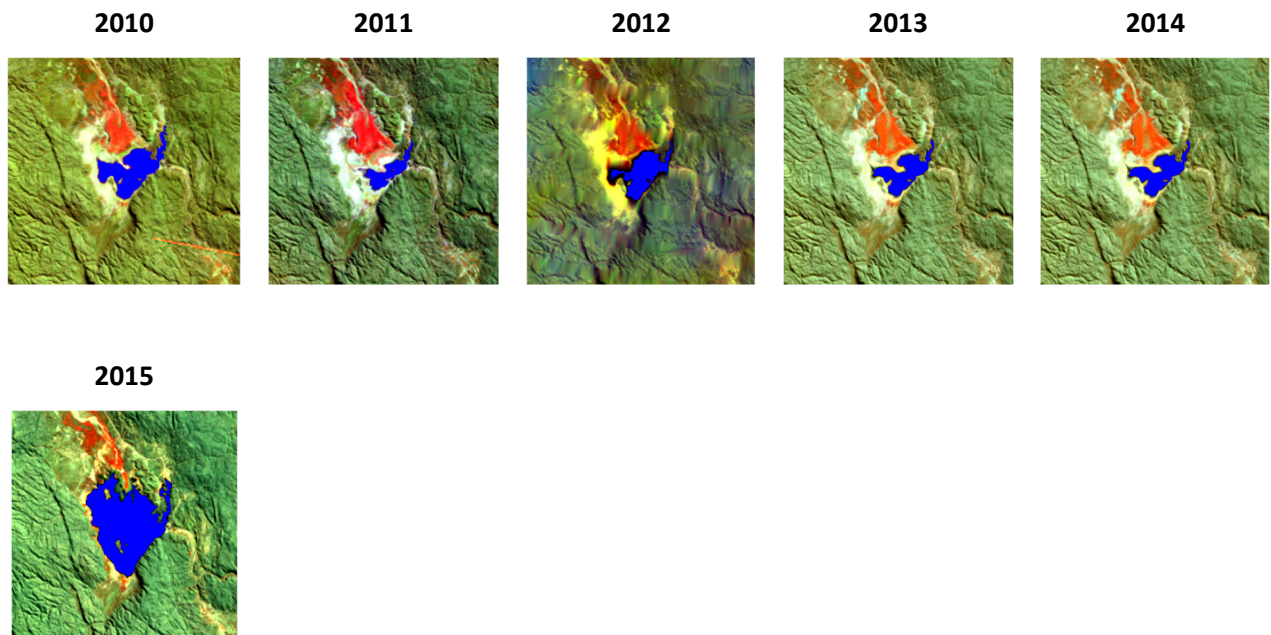


Desde el año 2005 la disminución brusca de las precipitaciones anuales determinó una profunda crisis hídrica. Para el año 2007 el dique había quedado casi seco y por consiguiente el espejo de agua había disminuido casi en su totalidad, quedando un pequeño espejo de agua de tan solo 26,37 hectáreas, las cuales representan tan solo el 5,36% del área máxima albergable determinada para el dique.

A partir del año 2008 algunas lluvias se hicieron presentes nuevamente experimentado un incremento paulatino del cuerpo de agua, con tendencia casi ininterrumpida hasta el año 2010, fecha en que el espejo de agua del dique ascendía a 113,94 hectáreas.



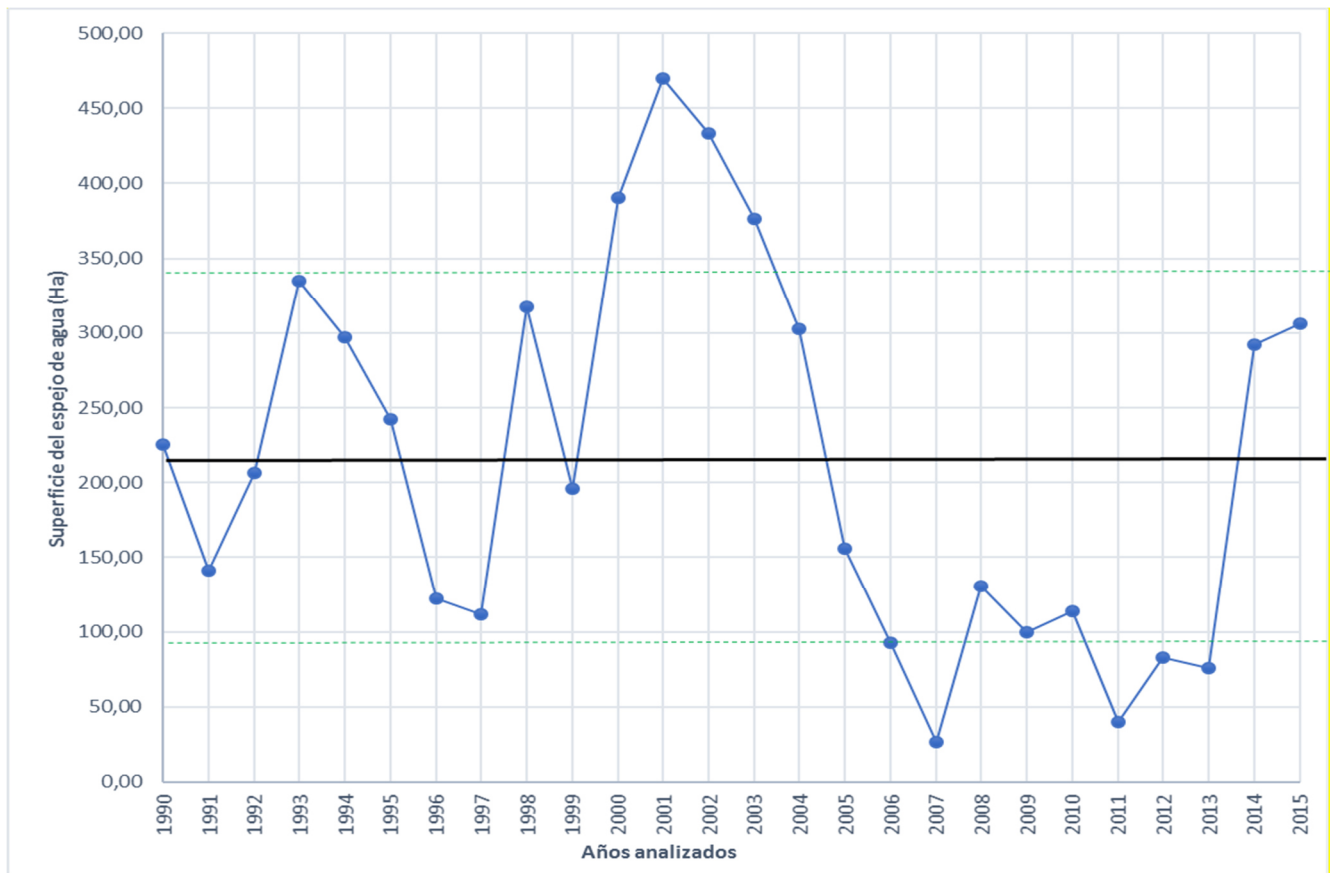
Luego de esto las sequías volvieron a presentarse y a agudizarse terminando con un dique casi seco para la primavera del año 2011. El espejo de agua casi había desaparecido. Quedaban de él tan solo 40,23 hectáreas. Durante los primeros meses del año 2012 las tan esperadas lluvias se hicieron presentes nuevamente y continuaron, aunque esporádicamente, en el año siguiente.



A partir del año 2014 las precipitaciones se presentaron en abundancia, para ese año y para el siguiente, lo que derivó en una notable recuperación del dique, brindando un espejo de agua de 306,18 hectáreas en el año 2015; equivalente al 62,26% del área máxima albergable.

En el Gráfico N° 2 se expone la dinámica de la superficie del espejo de agua del Dique de Anzulón para los periodos estudiados. Se observa en él comportamiento fluctuante de la superficie del espejo de agua con aumentos y descensos.

Gráfico N° 2: Dinámica de la superficie del espejo de agua del Dique de Anzulón (1990-2015)

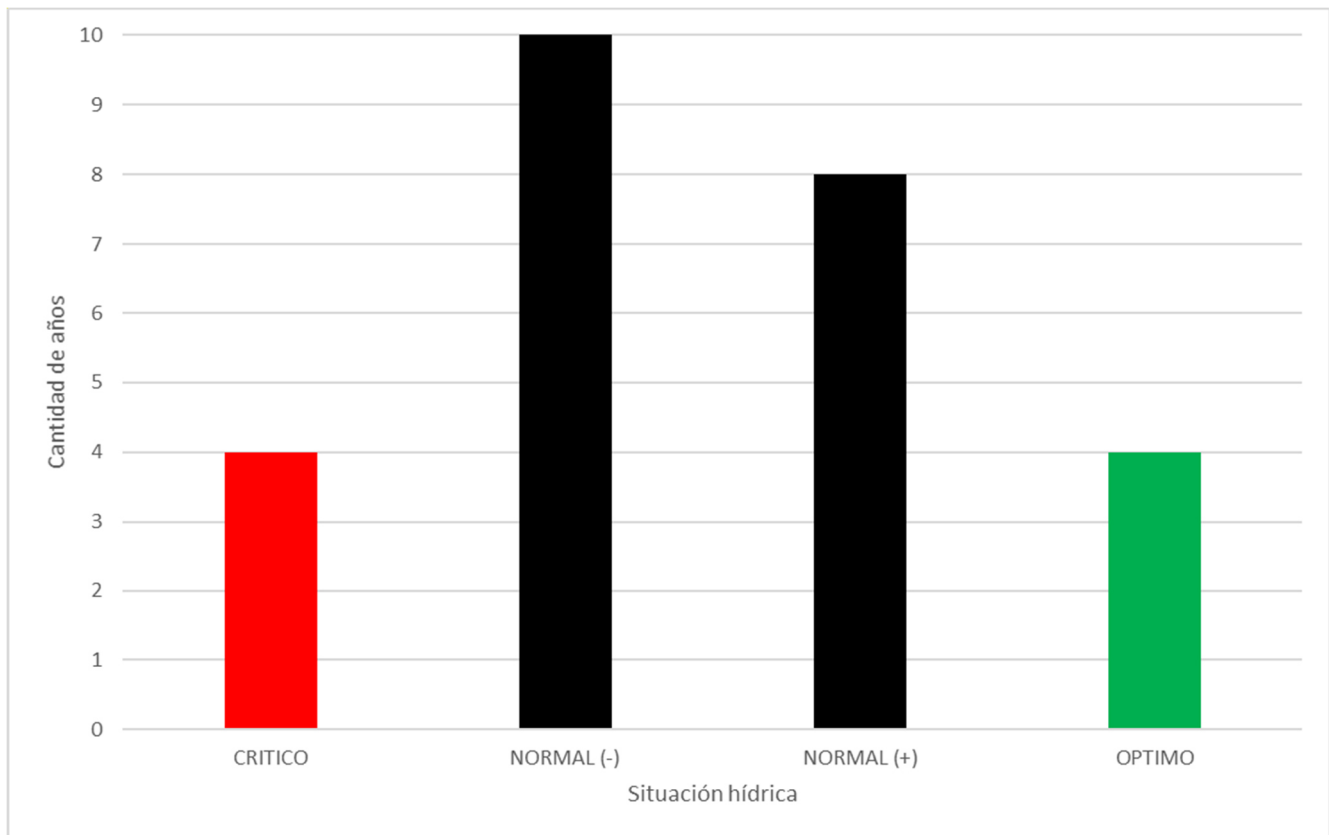


La línea horizontal del centro marca el “promedio” de las áreas de espejo (214,70 ha), mientras que las dos líneas discontinuas corresponden a la “desviación estándar” (126,64 ha); datos que se desprenden de la Tabla N° 3 que contiene datos estadísticos referidos a las superficies del espejo de agua.

En virtud de los datos obtenidos, y con la finalidad de graficar la frecuencia por situación hídrica de la superficie del espejo de agua del dique, se determinaron cuatro categorías; a saber (Gráfico N° 3):

1. **Áreas de espejo crítico:** comprende a los valores de superficie del espejo de agua que se encuentran por debajo de la línea de desviación estándar.
2. **Áreas de espejo normal (-):** comprende a aquellos valores de superficie del espejo de agua que se encuentran por debajo de la línea de la media y por encima de la línea de desviación estándar.
3. **Áreas de espejo normal (+):** comprende a los valores de superficie del espejo de agua que se encuentran por encima de la línea de media y por debajo de la línea de desviación estándar.
4. **Áreas de espejo óptimo:** comprende a aquellos valores de superficie del espejo de agua que se encuentran por encima de la línea de desviación estándar.

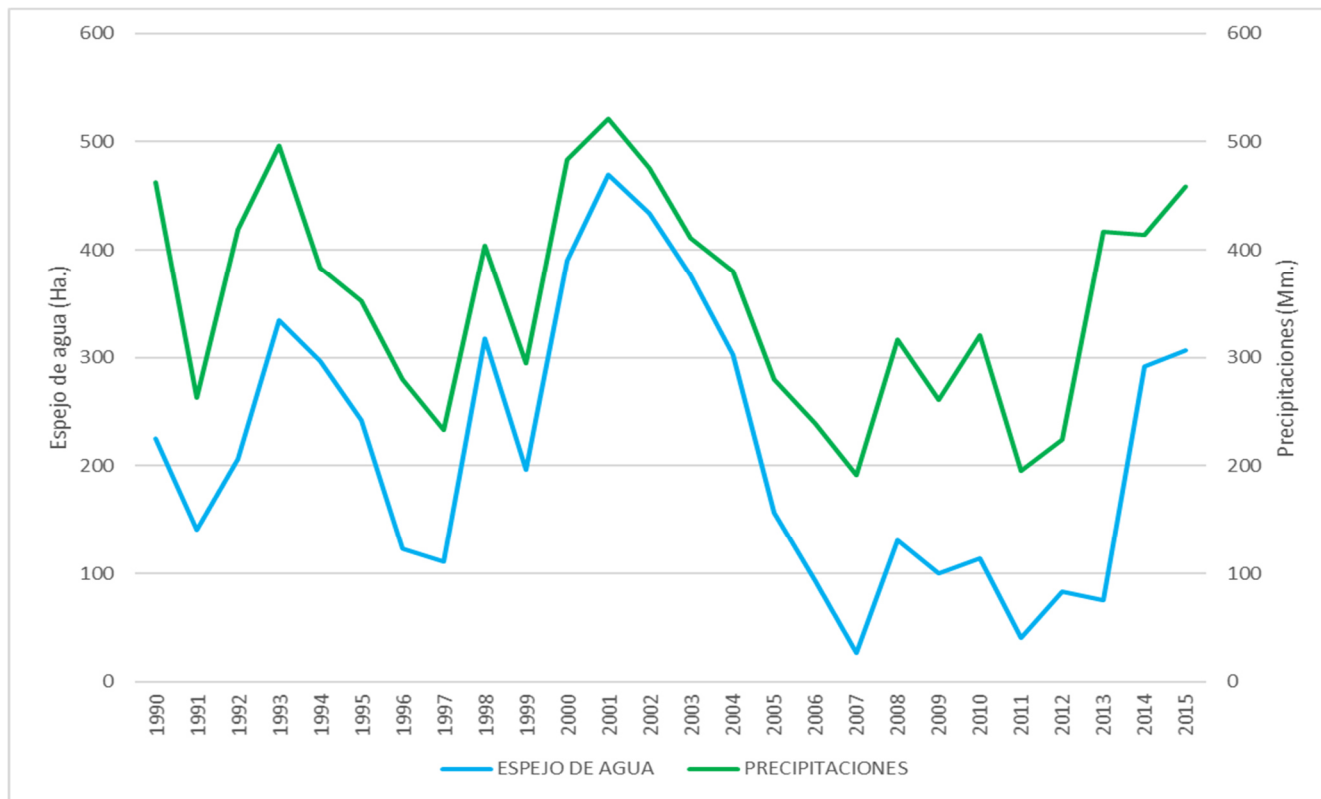
Gráfico N° 3: Frecuencia por situación hídrica del espejo de agua del Dique de Anzulón (1990-2015)



Además, se puede afirmar que el espejo de agua del Dique de Anzulón varía linealmente con las precipitaciones ocurridas en el área de aportes ($R^2 = 0,723$). Esto implica que el 72% de la variabilidad

interanual del espejo de agua del dique responde a la variabilidad interanual de las precipitaciones (Gráfico N° 4).

Gráfico N° 4: Comportamiento del espejo de agua en relación a la variabilidad de las precipitaciones



Si bien la región presentó periodos de sequías extremas que derivaron consecuentemente en fuertes disminuciones del espejo de agua (2007 y 2011) es probable que esto no haya sido el único factor que contribuyó con la pérdida de extensión del cuerpo de agua del dique.

Ante aquello se presentan algunos interrogantes: ¿será necesario implementar un monitoreo periódico del dique en cuanto a su calidad y nivel de agua, caudales de los afluentes y efluentes, perfiles de temperatura y batimetría, etc.? ¿será conveniente estudiar las fluctuaciones de los espejos de agua de forma integral y no fragmentado? ¿será posible garantizar el desarrollo sostenible de este recurso pensando en las futuras generaciones?

Ficha de datos del cuerpo de agua:

Ubicación: Provincia de La Rioja

Región: Llanos de La Rioja

Subregión: Llanos Sur

Coordenadas: 30°51.437' Latitud S - 66°16.221' Longitud O

Altitud: 580 msnm

Cuenca: Río Anzulón

Año de construcción: 1937

Usos: atenuación de crecientes, potabilización, agrícola, recreativo

Autoridad de control: IPALAR (Instituto Provincial del Agua de la Provincia de La Rioja)

Cota de vertedero: 577 msnm

Superficie: 491,76 Hectáreas

Afluente principal: Río Anzulón

Efluente: Canal de Anzulón

CONCLUSIONES

A partir del análisis realizado en la presente investigación queda demostrado que el espejo de agua del Dique de Anzulón ha venido mostrando un comportamiento fluctuante en cuanto a su superficie de agua con constantes aumentos y descensos.

El análisis realizado demuestra, además, que el espejo de agua del dique varía lineal e históricamente en correspondencia con las precipitaciones ocurridas en el área de aportes.

Si bien el análisis realizado nos permitió observar fuertes disminuciones del espejo de agua en los años con escasas precipitaciones tal vez esto no fue, en todos los casos, el único factor que contribuyó a la pérdida de extensión del cuerpo de agua del dique.

De acuerdo a los resultados obtenidos para el periodo analizado, el máximo espejo de agua registrado se produjo en el año 2001 con 469,62 hectáreas. Por su parte, el mínimo se produjo en año 2007 con un espejo de agua de 26,37 hectáreas.

Del análisis realizado se puede inferir que la cuenca de aportes presentó severas condiciones de déficit hídrico como consecuencia de periodos de extremas sequías presentadas puntualmente durante los años 2007 y 2011.

Se ha comprobado que los Sistemas de Información Geográfica 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 teniendo en cuenta los escasos registros pluviográficos de la zona estudiada.

El programa ENVI nos provee una herramienta que nos ayuda a estudiar un objeto sin tener contacto con él y además utilizar sus características espectrales. En nuestro estudio fue una herramienta importante para obtener datos precisos de la dinámica de un cuerpo de agua.

GLOSARIO

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

EEA: Estación Experimental Agropecuaria.

IGN: Instituto Geográfico Nacional.

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

LANDSAT: Satélites construidos y puestos en órbita por el gobierno de EE. UU. para la observación en alta resolución de la superficie terrestre (LAND=tierra y SAT=satélite).

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

WRS: Worldwide Reference System (Sistema Mundial de Referencias).

EPSG: European Petroleum Survey Group (organización relacionada con la industria petrolera en Europa).

TM: Thematic mapper (Sensor cartografía temática del satélite LandSat5).

ETM: Enhanced Thematic Mapper Plus (Sensor cartografía temática mejorada del satélite LandSat7).

OLI: Operational Land Imager (Sensor imagen operativa de la tierra del satélite LandSat8).

TIRS: Thermal Infrared Sensor (Sensor infrarrojo térmico del satélite LandSat8).

PATH: Camino

ROW: Fila

RGB: Sigla de rojo - verde - azul.

CUERPOS DE AGUA: Son las áreas cubiertas con agua de origen natural, como son los lagos, lagunas y pantanos. Artificiales como embalses, estanques, piscinas.

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.

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.

BIBLIOGRAFIA

- Agüero, J. & Garay, D.** (2016). El avance de la agriculturización en la periferia de la Ciudad de La Rioja entre los años 1985 y 2015. *INTA Estación Experimental Agropecuaria La Rioja*.
- Chuvieco, E.** (1996). Fundamentos de teledetección. 3ª edición revisada. *Ediciones RIALP, Madrid, España*.
- Garay, D. & Agüero, J.** (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-2. *INTA Estación Experimental Agropecuaria La Rioja*.
- García, J., Brondo, E. & Pérez, M.** (2012). Los satélites de teledetección para la gestión del territorio. *Universidad de La Laguna*.
- 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, Colombia*.
- March, M.** (2007). La teledetección como herramienta para estudios multitemporal. *Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco*.
- 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/>

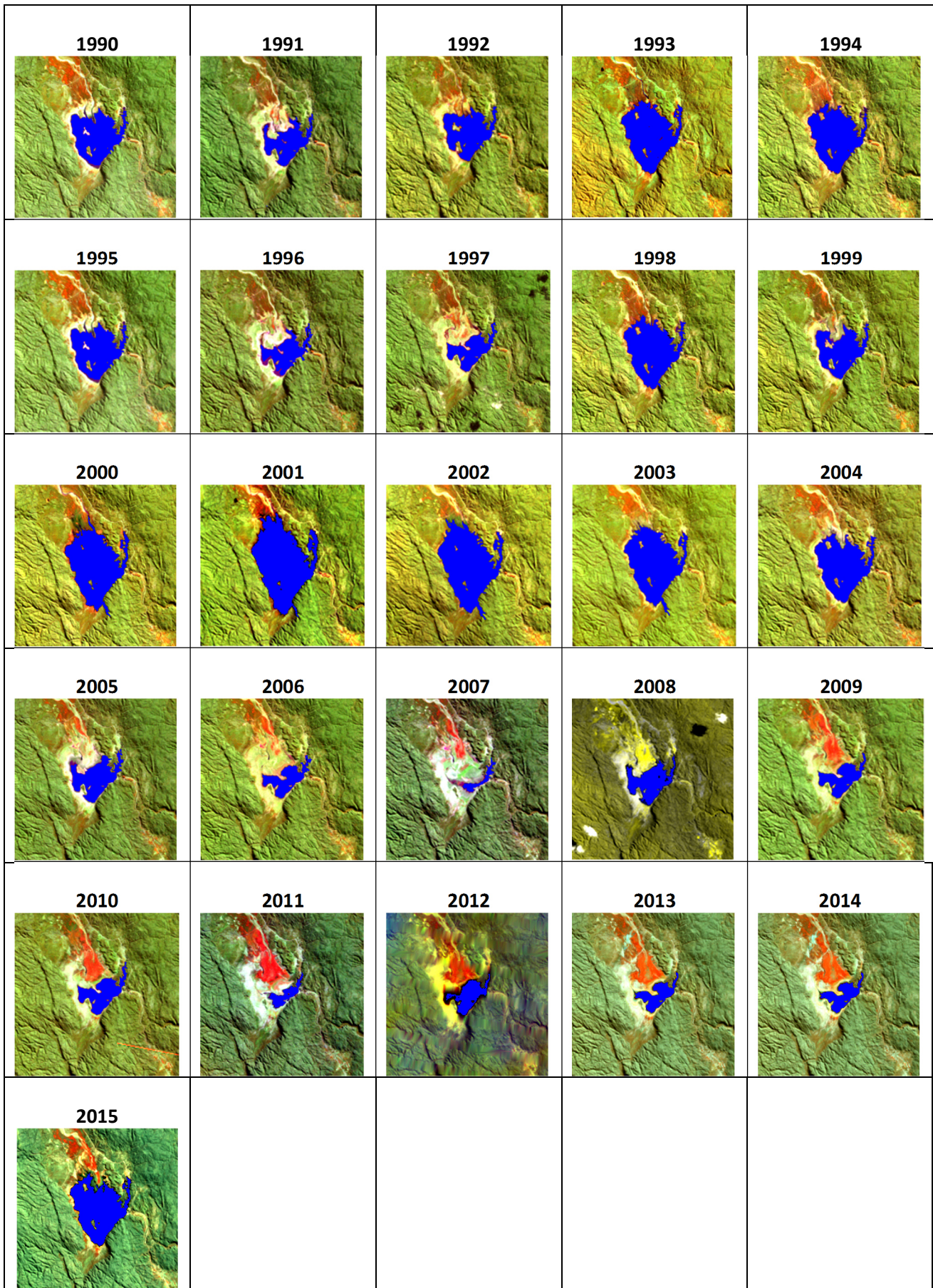
Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS):

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

Harris Geospatial Solutions:

<http://www.harrisgeospatial.com/Home.aspx>

ANEXOS



El presente trabajo consta de un estudio multitemporal realizado a través de los Sistemas de Información Geográfica y mediante el software ENVI, donde se identificó, describió y analizó el comportamiento del espejo de agua del Dique de Anzulón, situado en la provincia de La Rioja, en un periodo de 26 años a partir de 1990.

La investigación se llevó a cabo mediante una clasificación supervisada de imágenes satelitales LandSat. De dichas imágenes, luego de someterlas a procesos de corrección, se analizaron 26 momentos correspondientes al periodo comprendido entre los años 1990 y 2015 que reflejan la dinámica del espejo de agua del Dique de Anzulón.

La clasificación de cada una de las escenas permitió observar que el Dique de Anzulón ha mostrado a lo largo de los años analizados un comportamiento fluctuante en cuanto a su superficie de agua con constantes aumentos y descensos.