

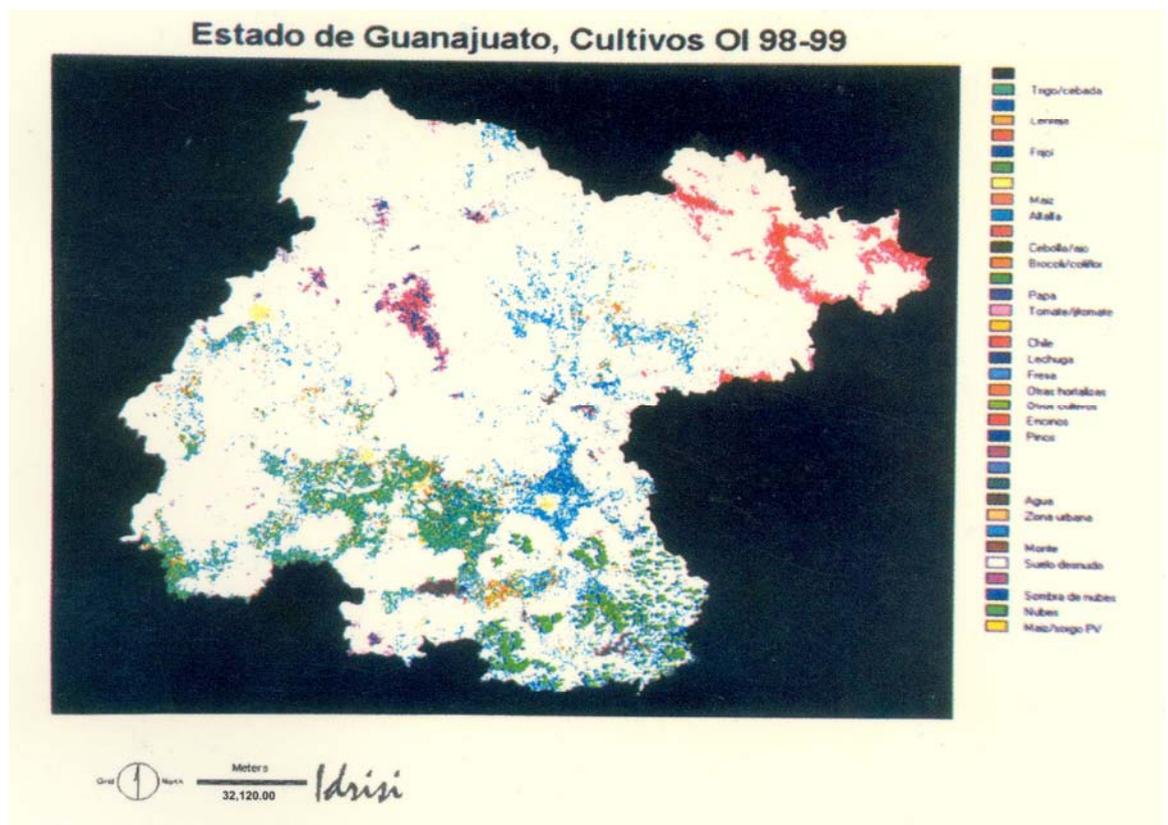
IWMI, Serie Latinoamericana: No. 15

# **SUPERFICIE AGRÍCOLA ESTIMADA MEDIANTE ANÁLISIS DE IMÁGENES DE SATÉLITE EN GUANAJUATO, MÉXICO.**

Francisco J. Flores-López

y

Christopher A. Scott



Superficies Agrícolas Estimadas con Imágenes de Satélite, México

**INSTITUTO INTERNACIONAL DEL MANEJO DEL AGUA**

IWMI, Serie Latinoamericana

1. Ellen Rymshaw. 1998. Análisis del Desempeño de la Irrigación en los Distritos de Riego Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, Tamaulipas, México.
2. Charlotte du Fraiture y Carlos Garcés-Restrepo. 1998. Evaluación de las Tendencias y los Cambios en el Desempeño de la Irrigación: El Caso del Distrito de Riego de Samacá, Colombia.
3. Alejandro Cruz y Gilbert Levine. 1998. El Uso de Aguas Subterráneas en el Distrito de Riego 017, Región Lagunera, México.
4. Jorge Sotomayor, Wim H. Kloezen, Carlos Garcés-Restrepo y Elena Bastidas. 1999. Manejo del Agua en las Acequias Privadas Garrapatal y el Tambo en la Provincia del Carchi, Ecuador.
5. Marinus G. Bos y Jorge L. Chambouleyron (Editores). 1999. Parámetros de Desempeño de la Agricultura de Riego de Mendoza, Argentina.
6. Gilbert Levine. 1999. Entendiendo el Comportamiento del Riego: La Disponibilidad Relativa del Agua como Variable Explicativa.
7. Carlos Garcés-Restrepo y Julio Guerra-T. 1999. Consideraciones de Impacto Ambiental por Efecto de las Obras de Regadío en el Distrito de Riego Chancay-Lambayeque, Perú.

IWMI, Serie Latinoamericana: No. 15

***SUPERFICIE AGRÍCOLA ESTIMADA MEDIANTE  
ANÁLISIS DE IMÁGENES DE SATÉLITE EN  
GUANAJUATO, MÉXICO.***

IWMI, Serie Latinoamericana: No. 15

***SUPERFICIE AGRÍCOLA ESTIMADA MEDIANTE  
ANÁLISIS DE IMÁGENES DE SATÉLITE EN  
GUANAJUATO, MÉXICO.***

Francisco J. Flores-López

y

Christopher A. Scott



INTERNATIONAL WATER MANAGEMENT INSTITUTE

Los autores: Francisco J. Flores-López es especialista en Ingeniería de Recursos Hidráulicos, prestando sus servicios en investigación para el Instituto Internacional del Manejo del Agua, en el programa IWMI-México y Christopher A. Scott es hidrólogo, investigador y jefe del programa IWMI-México.

Los autores agradecen a la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural del estado de Guanajuato y al personal de los Distritos de Desarrollo Rural en el estado, por su valiosa y definitiva participación. Muy en especial, al Doctor José Antonio Laborde Cancino por su amplia disposición y experiencia puesta en este trabajo. El IWMI agradece el apoyo financiero a este estudio otorgado por la Fundación Ford (Oficina de México), y a los Gobiernos de Alemania (BMZ) y Dinamarca.

Flores-López, Francisco J. y Scott, Christopher A. 2000. Superficie agrícola estimada mediante análisis de imágenes de satélite en Guanajuato, México. IWMI, Serie Latinoamericana No. 15. México, D.F., México: Instituto Internacional del Manejo del Agua.

IWMI, 2000. Todos los derechos reservados.

El Instituto Internacional del Manejo de la Irrigación, es uno de los 16 centros apoyados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), fue creado por un acta del Parlamento de Sri Lanka. El Acta está actualmente siendo revisada para que se lea Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI, por su sigla en inglés).

Los autores asumen toda la responsabilidad por el contenido de esta publicación

## **PRESENTACIÓN DE LA SERIE**

El Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI, por sus siglas en Inglés) fue establecido en el año de 1984 con sede en Colombo, Sri Lanka.

El IWMI empezó actividades en Latinoamérica cuando en Mayo de 1990 co-patrocinó con la Comisión Internacional de Riego y Drenaje una sesión especial sobre el Manejo del Agua en Latinoamérica, en el marco del Décimo-cuarto Congreso Internacional de la Comisión.

Posteriormente, en Noviembre de 1991, el Instituto organizó en compañía del Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas de la Argentina, un Seminario Internacional sobre Sistemas de Riego Manejados por sus Usuarios.

Los dos eventos anteriores abrieron campo al IWMI para buscar establecer un programa regular en Latinoamérica. Fue así como en el año 94 abrió su Programa de México, seguido en el 95 por el Programa Regional Andino con sede en Calí, Colombia. Este último culminó en Septiembre del 97.

El programa del IWMI en México continúa ininterrumpido hasta la fecha y es así como éste da origen a la idea de ésta "IWMI, Serie Latinoamericana" que aquí se presenta.

El Instituto aspira, por medio de esta publicación, dar a conocer más ampliamente en la región, los resultados de los trabajos de investigación ejecutados por nuestros investigadores y/o sus colaboradores.

Aunque la idea inicial es dar cabida únicamente a aquellos trabajos directamente relacionados con el Instituto, no pensamos descartar, en manera alguna, la posibilidad de dar espacio a otras contribuciones consideradas pertinentes a las metas globales del Instituto.

Como puede esperarse, el futuro de la serie dependerá de la aceptación y retroalimentación reciba de parte de la comunidad a la cual esta dirigida: forjadores de políticas relativas al recurso agua, investigadores afines a la problemática del recurso, organizaciones e individuos involucrados, en una u otra forma, en aspectos técnicos, institucionales, económicos y sociales del manejo del agua, particularmente a la región latina pero en general a nivel global.

Para sus comentarios, en español o inglés, puede comunicarse a cualquiera de las dos direcciones que aparecen en el reverso de esta publicación.

Atentamente

Carlos Garcés-Restrepo

Coordinador de la Serie Latinoamericana

## ÍNDICE

pág

## LISTA DE CUADROS

**pág**

Cuadro 1	Infraestructura principal superficial de la cuenca Lerma-Chapala ...	8
Cuadro 2	Características del Satélite Landsat V TM .....	10
Cuadro 3	Cultivos principales a identificar en campo .....	12
Cuadro 4	Cultivos y cuerpos principales a identificar en imágenes de satélite .	17
Cuadro 5	Lista definitiva de cultivos y cuerpos principales a identificar en imágenes de satélite .....	19
Cuadro 6	Resultados de clasificación y superficies reportadas por SDAyR ...	22
Cuadro 7	Resultados de la clasificación por municipios .....	27
Cuadro 8	Láminas de riego medidas en trigo y alfalfa .....	35
Cuadro 9	Láminas de riego aplicadas por ciclo agrícola .....	36
Cuadro 10	Láminas de riego medidas en Unidades de Riego .....	36
Cuadro 11	Láminas de riego medidas en modulos de riego .....	37
Cuadro 12	Información sobre láminas de riego .....	38
Cuadro 13	Estimación de volúmenes utilizados .....	39

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág</b>
Figura 1 Ubicación del estado de Guanajuato en la República Mexicana	5
Figura 2 Ubicación de las imágenes de satélite en el estado de Guanajuato	11
Figura 3 Respuesta de la vegetación a diferentes longitudes de onda	18
Figura 4 Representación espacial de tipos de cubiertas en el estado de Guanajuato, O-I 98/99	23
Figura 5 Municipio de Irapuato con los diferentes cultivos identificados y tipos de cubiertas, para el ciclo O-I 98/99	26
Figura 6 Representación espacial de cultivos en el ciclo O-I 98/99 por AGEBs Rurales	32
Figura 7 Láminas de riego medidas en trigo	33
Figura 8 Láminas de riego medidas en alfalfa	34

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

<b>AGEB:</b>	Area Geoestadística Básica – México
<b>CNA:</b>	Comisión Nacional del Agua – México
<b>DR 011 ARL:</b>	Distrito de Riego 011 Alto Río Lerma – México
<b>DR 085 LB:</b>	Distrito de Riego 085 La Begoña – México
<b>GPS:</b>	Sistemas de Geoposicionamiento Global
<b>INEGI:</b>	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática- México
<b>MSNM:</b>	Metros sobre nivel del mar
<b>LAN:</b>	Ley de Aguas Nacionales - México
<b>OI:</b>	Subciclo Agrícola Otoño Invierno
<b>PV:</b>	Subciclo Agrícola Primavera Verano
<b>RH12:</b>	Región Hidrológica Número 12 Lerma Santiago – México
<b>RH26:</b>	Región Hidrológica Número 26 Pánuco - México
<b>SDAyR:</b>	Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Guanajuato México
<b>TM:</b>	Sensor Thematic Mapper

## PRÓLOGO

Igual que en muchos países, las demandas de agua en el sector agrícola en México son bastante elevadas. Además, la agricultura es el único sector consumidor de este recurso que no cuenta con mecanismos adecuados para la medición de los volúmenes extraídos y utilizados. Tan sólo en la cuenca media del Río Lerma, donde se realizó el estudio que se presenta, la extracción del agua del sector agrícola representa aproximadamente el 90% de las extracciones totales. Cabe mencionar que estos volúmenes no necesariamente se utilizan en su totalidad, ya que un porcentaje se pierde en evapotranspiración y otra parte considerable se infiltra en el subsuelo para recargar los acuíferos. Sin embargo, no existen mediciones para comprobar las estimaciones de los volúmenes extraídos.

El presente trabajo introduce nuevas técnicas para la detección de superficies de cultivos que representan la demanda del agua del sector agrícola, en combinación con análisis innovadores de datos medidos en campo del riego aplicado a esos cultivos. La integración de los métodos de sensores remotos y los estudios de campo aplicados muchas veces no se realiza, ya que se trata de dos disciplinas con diferentes enfoques y técnicas.

El IWMI ha impulsado la aplicación de análisis de sensores remotos al manejo de agua en cuencas de diversas partes del mundo. Contando con una trayectoria de varios años de investigación de campo en México, le permite a los autores abrir una brecha en la aplicación de estas técnicas al manejo del agua en el sector agrícola. Además, el trabajo está respaldado con trabajo intensivo de campo por parte de sus colaboradores en la cuenca del río Lerma. Los autores discuten el potencial que tienen estas nuevas técnicas con miras a establecer con mayor precisión las áreas regadas en una zona dada; y apuntan a las ventajas y desventajas de las mismas. Pero ellos llevan el ejercicio más allá de la sola determinación de las áreas al hacer un intento en la estimación de la cantidad (volúmenes) del recurso hídrico aplicado con resultados muy interesantes que no siempre coinciden con los resultados obtenidos en forma tradicional (reportes de campo).

Este trabajo contiene otro resultado importante desde el punto de vista de las metas globales del Instituto como es el fortalecimiento institucional. Este estudio permitió desarrollar una muy buena colaboración con las instancias regionales encargadas o responsables del manejo del recurso agua en la zona de estudio. El IWMI quedó muy satisfecho de este arreglo que obviamente trajo beneficios tanto a la investigación como al desarrollo agrícola en la zona de estudio. Esperamos ver en un futuro cercano más colaboración de este tipo.

En resumen, el presente trabajo complementa bien los otros estudios que han salido en la Serie Latinoamericano del IWMI, en el sentido que es interdisciplinario, aplicado, y sobre todo novedoso. Como siempre le pedimos a nuestros lectores que nos retro-alimenten con sus opiniones y sugerencias, y esperamos que algunos puedan aplicar estas técnicas en sus áreas de influencia.

Carlos Garcés-Restrepo

Representante de IWMI para America Latina

## RESUMEN

La cuenca del Lerma - Chapala, se ubica en la parte Centro-Oeste de México, donde se producen varios cultivos importantes, como son granos básicos, forrajes, y hortalizas. El bajío Guanajuatense se ubica en la cuenca Lerma - Chapala, el cual presenta unas condiciones edafológicas, topográficas y climatológicas idóneas para el desarrollo de la agricultura; también presenta una limitada disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas lo cual ha ocasionado una sobreexplotación de los mantos acuíferos.

La Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Rural (SDAyR) del estado de Guanajuato quiso comprobar las superficies de cultivos agrícolas reportadas por el personal de campo. Ante esta situación surgió la necesidad de utilizar otros métodos para estimar las superficies de cultivo, por lo cual el Instituto Internacional del Manejo del Agua (IWMI) y SDAyR desarrollaron un proyecto colaborativo de investigación aplicada, cuyo objetivo general fue delimitar las superficies de los cultivos principales en el estado y estimar los volúmenes de agua utilizados en estas áreas de cultivo, en base a mediciones hechas en campo por personal del IWMI y colaboradores. Se utilizó el método de clasificación supervisada con la función probabilística de máxima verosimilitud para clasificar las imágenes de satélite.

Los principales cultivos identificados del ciclo Otoño-Invierno (Diciembre - Mayo) 1998/99 fueron: alfalfa (96,841 ha), trigo/cebada (103,883 ha), varias hortalizas (48,391 ha) y brócoli/coliflor (25,151 ha), que cubren la mayor parte de las zonas agrícolas del estado. Los mismos cultivos reportados por las estadísticas oficiales fueron: alfalfa (45,665 ha), trigo/cebada (81,900 ha), varias hortalizas (20,760 ha) y brócoli/coliflor (6,596 ha); presentándose una discrepancia en el estado de Guanajuato del 62% en los cultivos del ciclo Otoño-Invierno (sin considerar a los cultivos perennes).

Con láminas de riego medidas en campo, se pudo estimar los volúmenes de agua que están usando los usuarios de riego, tanto de pozos como en gravedad; para el ciclo agrícola Otoño-Invierno 1998/99; las láminas consideradas fueron para el trigo/cebada de 1.35 m, para la alfalfa de 1.48 m, Brócoli 0.53 m y otros cultivos de 0.86 m. Los volúmenes estimados que fueron utilizados en las superficies estimadas de cultivo fueron de  $3,670 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .