

# Integración Binacional de los Conjuntos de Datos Nacionales de Uso y Cobertura del Suelo en la Región Fronteriza de los Estados Unidos y México

**U.S. Geological Survey**

**Iniciativa de Salud Ambiental en la Región Fronteriza entre los Estados Unidos y México**

<http://borderhealth.cr.usgs.gov>

Junio 2006

por Zachary D. Wilson

USGS Texas Water Science Center, Austin, Texas

## Introducción

El conjunto de datos del uso y cobertura del suelo integrado binacionalmente constituye una parte integral de la Iniciativa de Salud Ambiental en la frontera México-Estados Unidos (BEHI) implementada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Entre otros usos, el uso y cobertura del suelo (LULC por sus siglas en Inglés) puede ser usado para analizar cambios en el paisaje, para abastecer con datos a las aplicaciones de modelos hidrológicos, para los análisis estadísticos de fragmentación del paisaje, y para exponerlo como una capa base en mapas regionales (lillesand and Kiefer, 2000). El proyecto BEHI ha creado un conjunto de datos de LULC integrados binacionalmente usando datos de LULC de los Estados Unidos y México.

Tanto Estados Unidos como México tienen programas para crear conjuntos de datos de uso y cobertura del suelo usando un esquema de clasificación consistente a nivel nacional. El conjunto de datos nacionales de cobertura del suelo del USGS en 1992 (NLCD92 por sus siglas en Inglés) y la base de datos nacional de cobertura del suelo en el 2001 (NLCD01 por sus siglas en Inglés) están basados en un sistema de clasificación de uso y cobertura del suelo para datos de sensores remotos descrito por Anderson y otros (1976). Ambos conjuntos de datos están disponibles en un formato raster de 30 metros de resolución (Homer and Others, 2004; USGS, 2000). En México, El Instituto Nacional de Geografía, Estadística, e Informática (INEGI) es responsable del mapeo del uso y cobertura del suelo. INEGI produce Mapa de Uso de Suelo y Vegetación a una escala de 1:250,000, basado en interpretación visual de imágenes de sensores remotos usando sistemas de clasificación de vegetación regionales unificados, desarrollados en los últimos 70 años por muchos científicos, incluyendo Leopold, Muller, y Rzedowski (INEGI, 1993). Los datos de uso y cobertura del suelo de México están disponibles en formato vectorial digital.

Aún cuando el sistema de clasificación de cada país es consistente dentro de los límites de este país, las clases definidas por los respectivos sistemas de clasificación no representan una relación de uno a uno a lo largo de la frontera. La integración de los datos de Estados Unidos y México requiere la creación de un sistema de clasificación generalizado (Nivel 1 de Anderson modificado) para que los datos de uso y cobertura del suelo de los dos países puedan ser reclasificados (Anderson, 1976). La integración binacional de datos descrita aquí incluye toda la región fronteriza de Los Estados Unidos-México (Figura 1) como es definido por Woodward y Durall (1994) y adoptado por el proyecto BEHI (USGS, 2004a; 2004b).

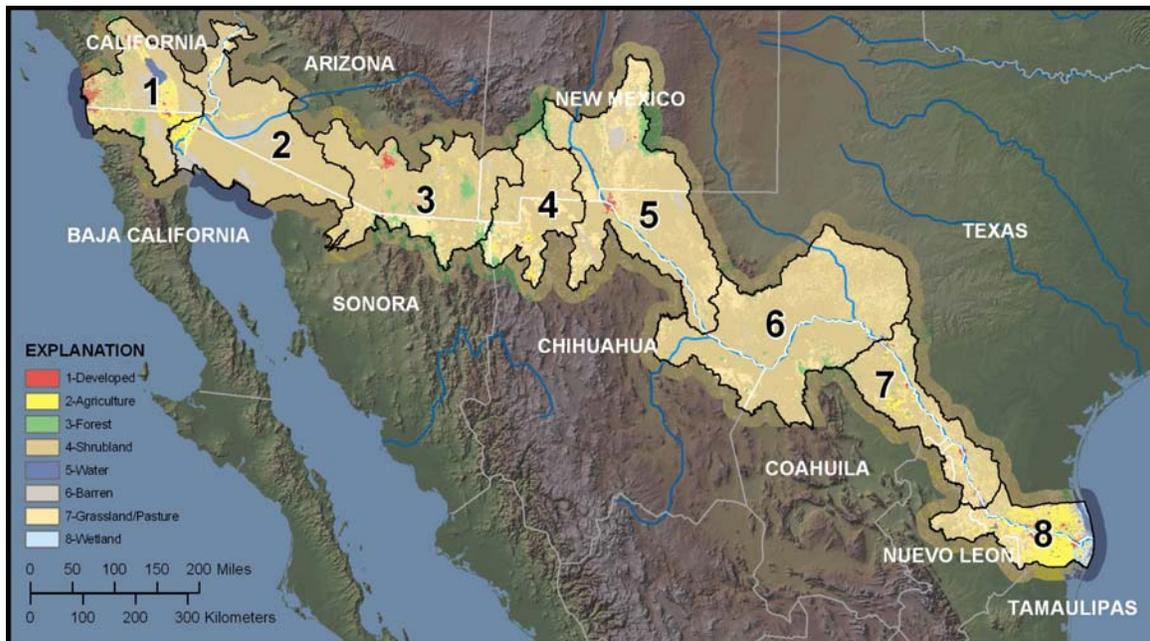


Figura 1. Limite del área de estudio con las sub-areas y el uso y la cobertura del suelo binacionalmente integrado de la Iniciativa de Salud Ambiental en la Frontera México-Estados Unidos,

## Datos del Uso y Cobertura del Suelo

Las dos fuentes de uso y cobertura del suelo son:

México: INEGI 1993 Uso de Suelo Serie II. Escala 1:250,000 datos vectoriales

Estados Unidos: USGS NLCD92 30 metros de resolución datos raster

Los conjuntos de datos del Uso de Suelo del INEGI y el NLCD92 fueron escogidos porque estos representan un sistema de clasificación consistente a nivel nacional para sus respectivos países. Imágenes Landsat fueron las fuentes de datos usadas para clasificar y crear tanto los conjuntos de datos para Estados Unidos como para México. Sin embargo la clasificación fue conducida usando diferentes métodos. El USGS en cooperación con la agencia de protección ambiental (Environmental Protection Agency. EPA por sus siglas en Ingles) crearon el NLCD92 métodos de clasificación no supervisados junto con conjuntos de datos auxiliares como datos de altura, conjunto de datos locales de la cobertura del suelo, inventarios de humedales. El conjunto de datos final es un conjunto de datos raster con 21 clases de uso y cobertura del suelo, y con una resolución espacial de 30 metros. El conjunto de datos de uso y cobertura del suelo del INEGI también provino de imágenes Landsat, pero fue creado utilizando métodos manuales. Los tipos de uso y cobertura del suelo fueron visualmente interpretados a partir de imágenes Landsat. Para delinear los tipos de uso y cobertura del suelo se digitalizaron polígonos y después se verificó con trabajo de campo. El conjunto de datos final del INEGI consiste en una capa poligonal que contiene más de 100 clases de uso y cobertura del suelo en el área de estudio del BEHI.

## Esquema de Clasificación Binacional

La creación de conjuntos de datos de cobertura del suelo requiere un esquema de clasificación que vaya acorde con el propósito para el cual el conjunto de datos está siendo creado. Por ejemplo, un científico forestal podría necesitar tener definidas más clases forestales que otras clases, mientras que un científico agrónomo puede estar más interesado en las clases agrícolas y sólo necesitar una clase forestal. Limitantes en tiempo y financiamiento pueden también definir si es que algunas clases deben o no ser incluidas. Las diferencias en el diseño de sistemas de clasificación afectan la manera en que el conjunto de datos de cobertura de la tierra puede ser usado. Es relativamente fácil tomar el conjunto de datos de cobertura del suelo del científico forestal y agregar muchas clases forestales en una sola. Sin embargo, no es posible crear muchas clases forestales a partir de la única clase forestal que el científico agrónomo tiene sin tener que volver a las imágenes originales usadas en la creación de este conjunto de datos. Cada uno de estos ejemplos de conjuntos de datos ha sido creado independientemente por científicos con metas distintas.

Las diferencias entre los conjuntos de datos de cobertura del suelo de México y Estados Unidos son similares a estos conjuntos de datos hipotéticos descritos. Por ejemplo, los conjuntos de datos de cobertura del suelo de México sólo tienen una clase para áreas urbanas, mientras que el conjunto de datos de Estados Unidos tiene varias. En términos del esquema de clasificación descrito por Anderson y otros, el uso y cobertura del suelo de Estados Unidos está en el Nivel II de Anderson, mientras que el conjunto de datos de México está en el Nivel III de Anderson (1976). El conjunto de datos de México contienen más de cinco veces el número de clases que el de los Estados Unidos, además las clases de cobertura y uso del suelo describen tipos de cobertura hasta el nivel de las especies dominantes en algunos casos. El conjunto de datos binacionalmente integrado de uso y cobertura del suelo de los Estados Unidos y México requiere de la creación de un esquema binacional, independiente de los conjuntos de datos de Estados Unidos y México. Un ejemplo de una clase binacional es “bosque”. Todas las clases de bosque en los Estados Unidos incluyendo deciduo, siempre verde, y mixto han sido reclasificados en la clase de bosques binacional. Las clases de bosques en México, por ejemplo bosques de pino, bosques de robles, bosque de cedros también fueron reclasificados en la clase de bosque binacional. Esta reclasificación causa la pérdida de detalles existentes en los datos originales, pero permite la integración de clases diferentes. Los datos Mexicanos se refieren al bosque por la composición de algunas especies específicas, mientras que los datos Estadounidenses se refieren al tipo de bosque. Una manera factible de integración de estos dos esquemas de clasificación es crear un esquema binacional que se acomode a los dos conjuntos de datos.

El esquema binacional fue creado analizando individualmente todas las clases originales del uso y cobertura del suelo y determinando como estas pueden ser reclasificadas de manera que encajen en un esquema de clasificación binacional, el Nivel de clasificación I de Anderson levemente modificado (Tablas 1-4). Anderson y otros sugieren las siguientes clases para un nivel de clasificación I: suelo urbano o construido, suelo de agricultura, suelo de pastoreo, suelo forestal, agua, humedales, suelo estéril, tundra, hielo perenne o nieve. En el esquema de clasificación binacional Nivel I de Anderson modificado es posible dividir la clase “suelo de pastoreo” del Nivel I de Anderson en dos clases, arbustos y pastizales. Las clases restantes son idénticas en los dos esquemas de clasificación, el esquema Nivel I de Anderson, y el esquema modificado. Tundra y hielo perenne son excluidos porque no están presentes en el área de estudio.

### **Nivel 1 de Anderson**

Urbano o Construido  
Suelo de agricultura  
Suelo de pastoreo  
Bosque  
Agua  
Humedales  
Suelo estéril

### **Nivel 1 Modificado**

Urbano o Construido  
Suelo de agricultura  
Pastizales  
Arbustos  
Bosque  
Agua  
Humedales  
Suelo estéril

No fue sorpresa que una de las clases de uso y cobertura del suelo no encajara perfectamente en el esquema binacional. El conjunto de datos de uso y cobertura del suelo en México contiene una clase denominada “vegetación halófitas”. Este tipo de vegetación se presenta principalmente a lo largo de las costas del Golfo de México, así como en las áreas áridas alejadas de la costa. Para crear un mejor encaje en la integración binacional, los polígonos de la clase vegetación halófitas que interceptan la costa, han sido reclasificados como humedales. Los polígonos de la clase vegetación halófitas restantes fueron reclasificados como arbustos. La decisión de reclasificar esta clase se basó en evidencia de la clase humedales en el conjunto de datos de uso y cobertura del suelo en Estados Unidos, y en imágenes aéreas y satelitales.

## **Integración Binacional**

El proceso de creación del conjunto de datos binacional de uso y cobertura del suelo consiste en los siguientes procedimientos básicos de Sistemas de Información Geográfica.

1. Convertir los conjuntos de datos de uso y cobertura del suelo existentes al mismo formato y sistema de coordenadas.
2. Reclasificar los conjuntos de datos de uso y cobertura del suelo al Nivel 1 de Anderson modificado.
3. Seleccionar con un clip los conjuntos de datos de uso y cobertura del suelo de Estados Unidos y México usando un límite internacional común.
4. Juntar los datos seleccionados y reclasificados dentro de un conjunto de datos binacional de uso y cobertura del suelo.

El proceso completo de integración consiste en varios pasos pre-proceso, un modelo de geoprocésamiento creado con el software ESRI ArcGIS 9.0 y algunos pasos post-proceso. Los pasos detallados del proceso son los siguientes:

1. Crear una frontera internacional común no oficial digitalizando el centro del Río Grande/Río Bravo usando orto imágenes de 1 metro de resolución del año 2004.
2. Combinar la nueva porción digitalizada del límite internacional que corre a lo largo del Río Grande/Río Bravo, con el límite ya existente a lo largo de la mitad oeste de la frontera.
3. Usar el límite internacional común para crear moldes poligonales para Estados Unidos y México para los datos de cobertura del suelo seleccionados con el clip.
4. Convertir los moldes poligonales a datos raster con 30 metros de resolución.
5. Seleccionar los polígonos de la clase vegetación halófitas que intersectan la costa y reclasificarlos como humedales.
6. Convertir los datos del uso y cobertura del suelo en México de datos vectoriales de cobertura del suelo a datos raster con 30 metros de resolución.
7. Reclasificar los datos raster de uso y cobertura del suelo de Estados Unidos al Nivel 1 de Anderson modificado usando la tabla de reclasificación (ver Tabla 2).

8. Reclassificar los datos raster de uso y cobertura del suelo de México al Nivel 1 de Anderson modificado usando la tabla de reclasificación (ver Tablas 3 y 4).
9. Seleccionar con un clip los datos raster reclasificados de uso y cobertura del suelo de Estados Unidos y México usando un molde raster.
10. Hacer un mosaico de los datos raster reclasificados de uso y cobertura del suelo de Estados Unidos y México que han sido seleccionados con un clic, hacia un nuevo conjunto de datos raster binacional de uso y cobertura del suelo con 30 metros de resolución.
11. Seleccionar con un clic el mosaico binacional de uso y cobertura del suelo para estudiar los límites del área.
12. Asignar los colores de exposición para cada clase usando un mapa de colores.

## Limitaciones

Mientras que el esquema de clasificación binacional es robusto y la fuente de imágenes para la clasificación del suelo y cobertura del suelo es la misma, los métodos de clasificación de la imagen y el formato de los conjuntos de datos originales poseen un problema potencial. Como se mencionó anteriormente, los datos de México han sido procesados usando métodos manuales de digitalización. Los intérpretes de imágenes digitalizaron polígonos basándose en lo que vieron en la imagen, y el producto final fue verificado con el trabajo de campo. Los datos de uso y cobertura del suelo de Estados Unidos fueron clasificados utilizando técnicas automatizadas que dieron como resultado al conjunto de datos raster. Las diferencias en los formatos de los datos originales de uso y cobertura del suelo hace difícil el análisis del conjunto de datos binacional integrado. El uso y cobertura del suelo representado por polígonos tiende a presentar una figura más homogénea del paisaje, mientras que los datos raster son capaces de representar mayor heterogeneidad. El mismo paisaje sería representado diferentemente si es clasificado usando los dos métodos distintos que Estados Unidos y México emplearon. Mucha precaución debe ser empleada al analizar la versión final del conjunto de datos binacional integrado de uso y cobertura del suelo. Sin embargo, el conjunto de datos binacional de uso y cobertura del suelo provee una representación de muy buena calidad de los patrones regionales en el uso y cobertura del suelo.

## Resumen

Uno de los conjuntos de datos base mas importante en cualquier base de datos geoespacial es el uso y cobertura del suelo. Con esta finalidad el proyecto BEHI produjo un conjunto de datos de uso y cobertura del suelo que va de acuerdo con su meta de producir una base de datos binacional geoespacial a lo largo de la frontera de Estados Unidos y México. El resultado de la metodología de reclasificación descrita anteriormente es un conjunto de datos raster de uso y cobertura del suelo, binacionalmente integrados y con 30 metros de resolución. Este conjunto de datos representa la integración de los “mejores datos nacionales disponible” del uso y cobertura del la tierra, pero tiene limitaciones. También representa un alcance (integración de datos ya existentes) y muchos posibles alcances (por ejemplo, la clasificación de imagines satelitales usando datos existentes como datos de entrenamiento). Este conjunto de datos esta previsto para usarlo en amplias escalas espaciales, por ejemplo, desde aproximadamente 1:1, 000,000 hasta la totalidad de la frontera Estados Unidos-México, y debe ser considerado inapropiado para escalas locales.

## Tablas

Tabla 1. Clases Binacionales de Uso y Cobertura del Suelo con su descripción

Clases Binacionales de Uso y Cobertura del Suelo	Descripción Binacional del Uso y Cobertura del Suelo
1	Desarrollo
2	Agricultura
3	Bosque
4	Arbustos
5	Agua
6	Estéril
7	Pastizales/Pasturas
8	Humedales

Tabla 2. Clases de NLCD con su descripción y su equivalencia en la esquema binacional.

Clases NLCD92	Descripción NLCD92	Clases Binacionales de Uso y Cobertura del Suelo
11	Agua Abierta	5
12	Hielo Perenne/Nieve	6
21	Baja Intensidad Residencial	1
22	Alta Intensidad Residencial	1
23	Comercio, Industria y Transporte	1
31	Roca Pelada, Arena, Arcilla	6
32	Canteras, Minas de Transferencia, Pozos de Grava	6
33	Transicional	6
41	Bosque Deciduo	3
42	Bosque Siempre Verde	3
43	Bosque Mixto	3
51	Arbustos	4
61	Huertas, Viñedos, Otros	2
71	Pastizales, Herbaceos	7
81	Pasturas, Heno	7
82	Cultivos en Línea	2
83	Granos Pequeños	2
84	Barbechos	2
85	Urbano, Grasses Recreacionales	1
91	Humedales arbolados	8
92	Humedales con herbáceas emergentes	8

Tabla 3. Clases de uso y cobertura del suelo y sus equivalentes binacionales clasificados bajo el código FC. El código FC consiste en un código de dos o tres dígitos, algunas veces precedidos por un prefijo “E” o seguido por otro código. El prefijo “E” denota las áreas sujetas a una erosión significativa. Si el código FC es seguido por otro código, el segundo código es un tipo de vegetación secundaria. La primera letra de cada código es la clase general (B=Bosques, M=Arbustos, P=Pastizales, R=Agricultura, T=Agricultura temporal, V= Varios tipos de vegetación, ZU=Urbano)

FC	CLAVEFOT	Clases Binacionales de Uso y Cobertura del Suelo
6122	HA	2
6152	RA	2
6154	RAS	2
6156	RAP	2
6162	RS	2
6164	RSA	2
6172	RP	2
6174	RPA	2
6182	ReA	2
6211	E-[R]	2
6212	[R]	2
6213	E-TA	2
6214	TA	2
6218	TAP	2
6234	TP	2
6250	DV	6
6251	E-DV	6
6282	BS	3
6284	BS/VSa	3
6292	H2O	5
6298	BQ	3
6300	BQ/VSa	3
6302	BQ/VSA	3
6306	BQP	3
6308	BQP/VSa	3
6314	BG	3
6322	BA	3
6324	BA/VSa	3
6330	BP	3
6332	BP/VSa	3

<b>FC</b>	<b>CLAVEFOT</b>	<b>Clases Binacionales de Uso y Cobertura del Suelo</b>
6338	BPQ	3
6340	BPQ/VSa	3
6346	BJ	3
6404	MC/MB	4
6414	MC/MN	4
6429	E-MDM/MI	4
6430	MDM/MI	4
6431	E-MDM/MB	4
6432	MDM/MB	4
6433	E-MDM/ME	4
6434	MDM/ME	4
6440	MDM/MCH	4
6453	E-MDM/VSa	4
6454	MDM/VSa	4
6458	MDR/MI	4
6459	E-MDR/MB	4
6460	MDR/MB	4
6462	MDR/ME	4
6473	E-MDR/MR	4
6474	MDR/MR	4
6482	MDR/VSa	4
6486	MET/MI	4
6487	E-MET/MB	4
6488	MET/MB	4
6489	E-MET/ME	4
6490	MET/ME	4
6509	E-MET/VSa	4
6510	MET/VSa	4
6525	ZU	1
6626	MSM/MI	4
6627	E-MSM/MB	4
6628	MSM/MB	4
6649	E-MSM/VSa	4
6650	MSM/VSa	4
6692	ML	4
6694	ML/VSa	4
6697	E-MU	4

FC	CLAVEFOT	Clases Binacionales de Uso y Cobertura del Suelo
6721	E-MK	4
6722	MK	4
6725	E-MK/VSa	4
6726	MK/VSa	4
6730	VP	4
6746	VT	4
6754	VU	4
6760	VG	4
6771	E-VH	4*
6772	VH	4*
6774	VH/VSa	4*
6781	E-PC	7
6782	PC	7
6784	PY	7
6786	PY/VSa	7
6790	PH	7
6795	E-PI	7
6796	PI	7
6797	E-PN	7
6798	PN	7
6800	PN/VSa	7
6810	VW	7
6999	n/a	8

\*a lo largo de la costa, características en esta clase han sido asignadas a la clase 8-Humedales y se les ha dado un código FC modificado 6999.

Tabla 4. Clases de uso y cobertura del suelo de México y sus equivalentes binacionales clasificador por el código CLAVEFOT.

FC	CLAVEFOT	Clases Binacionales de Uso y Cobertura del Suelo
6212	[R]	2
6322	BA	3
6324	BA/VSa	3
6314	BG	3
6346	BJ	3
6330	BP	3
6332	BP/VSa	3

FC	CLAVEFOT	Clases Binacionales de Uso y Cobertura del Suelo
6338	BPQ	3
6340	BPQ/VSa	3
6298	BQ	3
6302	BQ/VSA	3
6300	BQ/VSa	3
6306	BQP	3
6308	BQP/VSa	3
6282	BS	3
6284	BS/VSa	3
6250	DV	6
6211	E-[R]	2
6251	E-DV	6
6431	E-MDM/MB	4
6433	E-MDM/ME	4
6429	E-MDM/MI	4
6453	E-MDM/VSa	4
6459	E-MDR/MB	4
6473	E-MDR/MR	4
6487	E-MET/MB	4
6489	E-MET/ME	4
6509	E-MET/VSa	4
6721	E-MK	4
6725	E-MK/VSa	4
6627	E-MSM/MB	4
6649	E-MSM/VSa	4
6697	E-MU	4
6781	E-PC	7
6795	E-PI	7
6797	E-PN	7
6213	E-TA	2
6771	E-VH	4*
6292	H2O	5
6122	HA	2
6404	MC/MB	4
6414	MC/MN	4
6432	MDM/MB	4
6440	MDM/MCH	4
6434	MDM/ME	4
6430	MDM/MI	4

FC	CLAVEFOT	Clases Binacionales de Uso y Cobertura del Suelo
6454	MDM/VSa	4
6460	MDR/MB	4
6462	MDR/ME	4
6458	MDR/MI	4
6474	MDR/MR	4
6482	MDR/VSa	4
6488	MET/MB	4
6490	MET/ME	4
6486	MET/MI	4
6510	MET/VSa	4
6722	MK	4
6726	MK/VSa	4
6692	ML	4
6694	ML/VSa	4
6628	MSM/MB	4
6626	MSM/MI	4
6650	MSM/VSa	4
6782	PC	7
6790	PH	7
6796	PI	7
6798	PN	7
6800	PN/VSa	7
6784	PY	7
6786	PY/VSa	7
6152	RA	2
6156	RAP	2
6154	RAS	2
6182	ReA	2
6172	RP	2
6174	RPA	2
6162	RS	2
6164	RSA	2
6214	TA	2
6218	TAP	2
6234	TP	2
6760	VG	4
6772	VH	4*
6774	VH/VSa	4*
6730	VP	4

FC	CLAVEFOT	Clases Binacionales de Uso y Cobertura del Suelo
6746	VT	4
6754	VU	4
6810	VW	7
6525	ZU	1
6999	n/a	8

\*a lo largo de la costa, características en esta clase han sido asignadas a la clase 8-Humedales y se les ha dado un código FC modificado 6999.

## Referencias

- Anderson, J.R., E.E. Hardy, J.T. Roach, and R.E. Witmer, 1976, A Land Use and Land Cover Classification System for Use with Remote Sensor Data: U.S. Geological Survey Professional Paper 964. Last accessed June 2, 2006 at: <http://landcover.usgs.gov/pdf/anderson.pdf>
- Homer, C., C. Huang, L. Yang, B. Wylie, and M. Coan, 2004, Development of a 2001 National Land-Cover Database for the United States: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 70(7): 829–840. Last accessed June 2, 2006 at: [http://www.mrlc.gov/pdfs/July\\_PERS.pdf](http://www.mrlc.gov/pdfs/July_PERS.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística, Informática e Geografía (INEGI), 1993, Guía Para la Interpretación de Información Cartográfica Impresa y Digital de Uso de Suelo.
- Lillesand, T.M and R.W. Kiefer, 2000, Remote Sensing and Image Interpretation, Fourth Edition: John Wiley & Sons, Inc., New York.
- U.S. Geological Survey, 2000, National Land Cover Dataset: U.S. Geological Survey Fact Sheet 108-00. Last accessed June 2, 2006 at: <http://erg.usgs.gov/isb/pubs/factsheets/fs10800.html>
- U.S. Geological Survey, 2004a, Science Data in Support of Environmental Health Studies in the U.S.-Mexico Border Region: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2004–3013.
- U.S. Geological Survey, 2004b, Internet Map Service for Environmental Health in the U.S.-Mexico Border Region: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2004-3140.
- Woodward, D.G. and R.A. Durall, 1996, United States-Mexico Border Area, as Delineated by a Shared-Water Resources Perspective: U.S. Department of the Interior Field Coordinating Committee Fact Sheet 1.