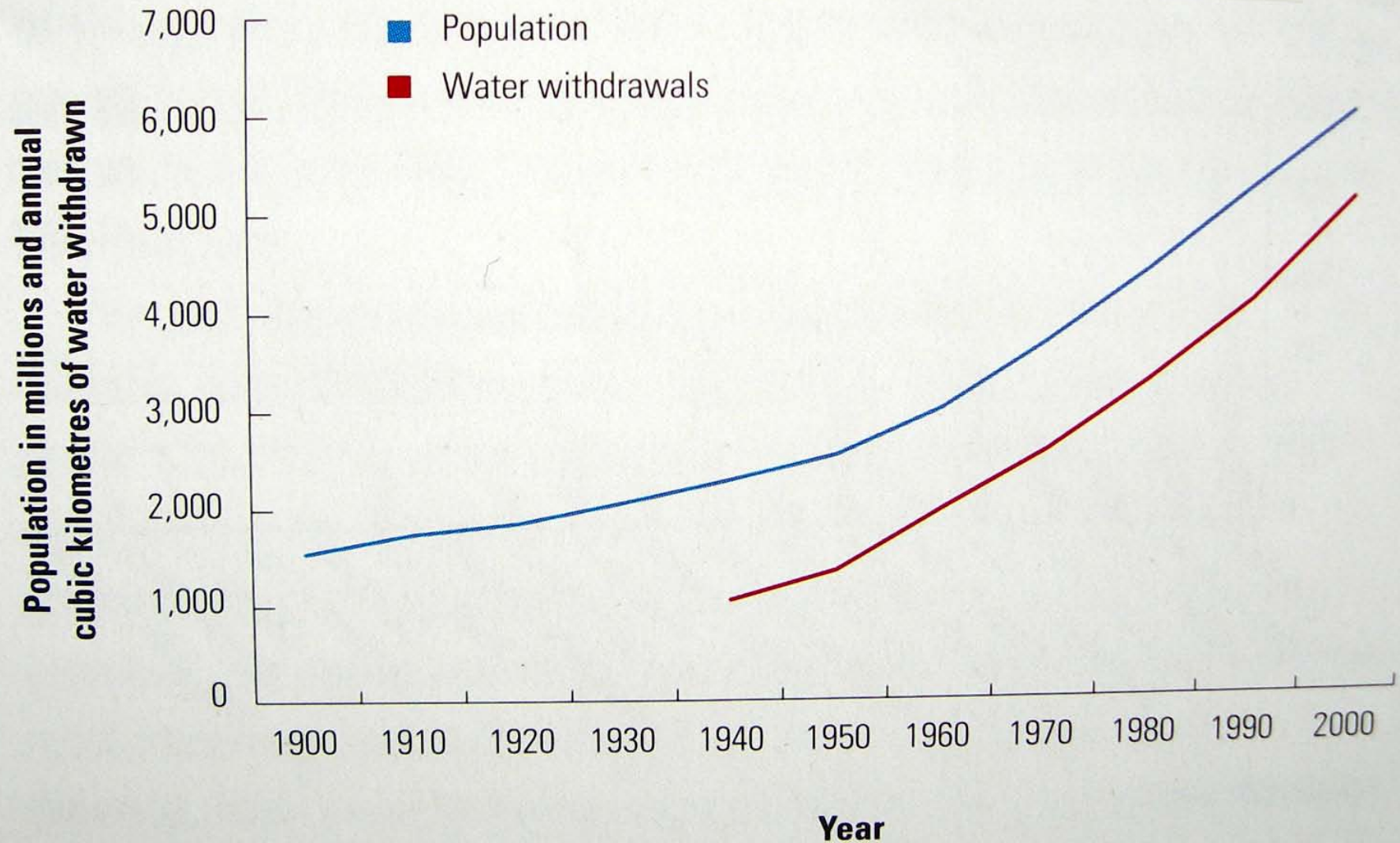




AGUA PARA LAS CIUDADES: RESPONDIENDO AL DESAFIO URBANO

Marisa Mazari-Hiriart
Instituto de Ecología, Universidad Nacional
Autónoma de México
mazari@servidor.unam.mx

Figure 1.1: World population and freshwater use



Problema

> 50% población mundial vive en zonas urbanas → tamaño sin precedentes

Población y tamaño:

Urbe → Metrópoli → Megalópolis → Megaciudad

1ª ola transición → Europa/Norteamérica S. XVIII (2 siglos)

2ª ola transición → Latinoamérica y Asia
→ demográfica + económica + urbana S. XX
(2 décadas)

Latinoamérica 38/50 grandes ciudades→México, Brasil, Argentina, Perú, Colombia, Chile.

Influencia economía mundial, estructura industrial, comercial, tecnología electrónica aplicada economía, servicios educativos, salud, personal científico.

- Motores de crecimiento nacional/regional/local
- Impacto por tamaño, impacto en sus habitantes, manejo → **albergar, alimentar, transportar, provisión agua limpia, remoción desechos líquidos/sólidos.**

52% población mundial vive en
asentamientos < 500,000 habitantes

2005→2015 crecimiento

Naciones con economía nivel medio y bajo
< capacidad humana+financiera+técnica

AGUA: Provisión agua y saneamiento
aguas residuales >fuentes contaminantes

Población en áreas urbanas y rurales (2007)

Región	Población			% urbano
	Urbana	Rural	Total	
Mundo	3 290 000	3 380 000	6 670 000	49.4
Regiones más desarrolladas ¹				74.4
Regiones menos desarrolladas ²				43.8

1, Europa, Norte América, Australia/Nueva Zelanda, Japón

2, Africa, Asia (excepto Japón), Latinoamérica, Caribe, Melanesia, Micronesia, Polinesia

United Nations Population Fund, 2009. State of the World Population 2009.

United Nations Department of Economics and Social Affairs/Population Division, 2008.

World Urbanization Prospects: The 2007 Revision.

Población humana

Primera vez en la historia / tendencia irreversible

2008 parteaguas

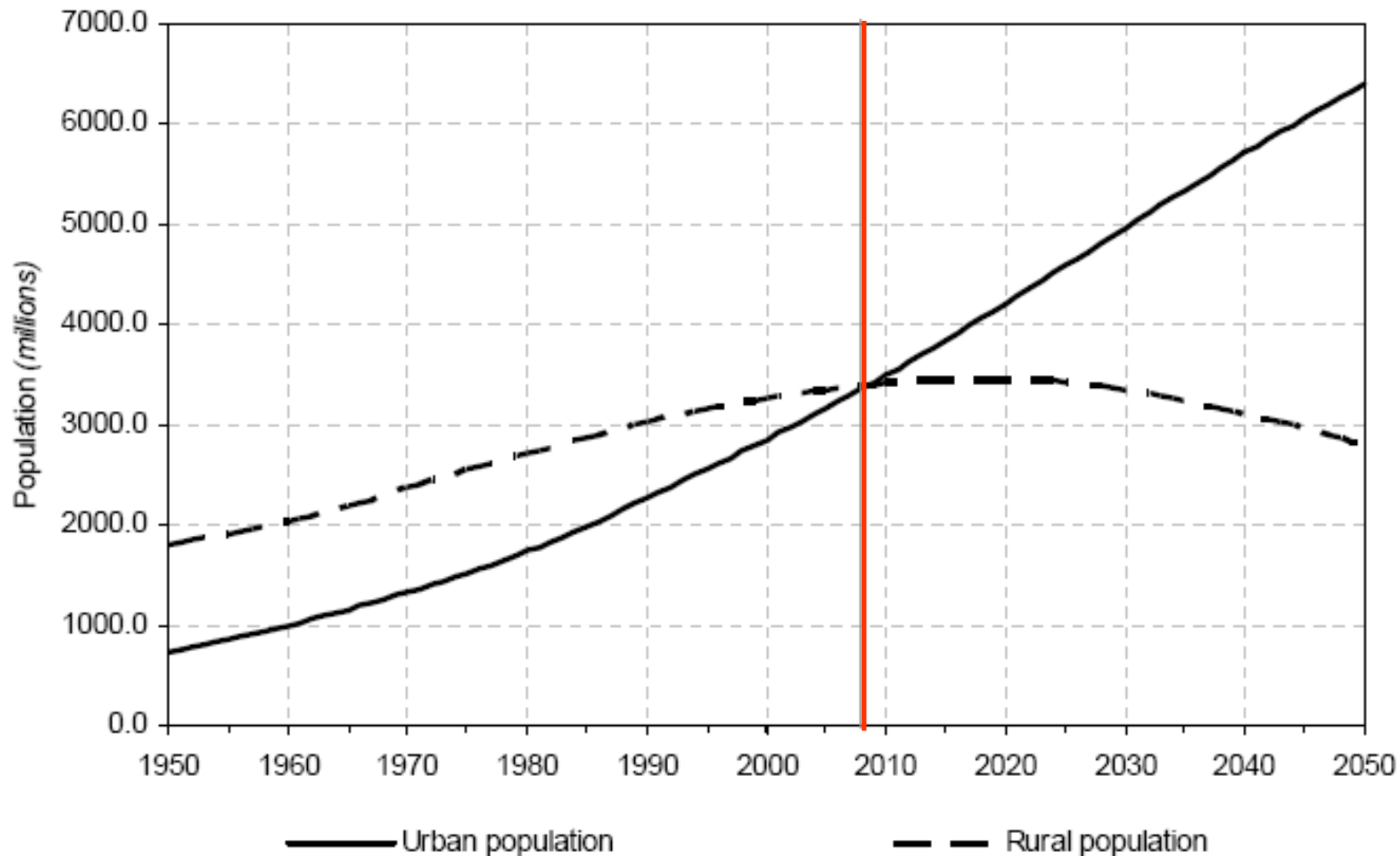
Población urbana = población rural
50% 50%

2050

70% población mundial urbana

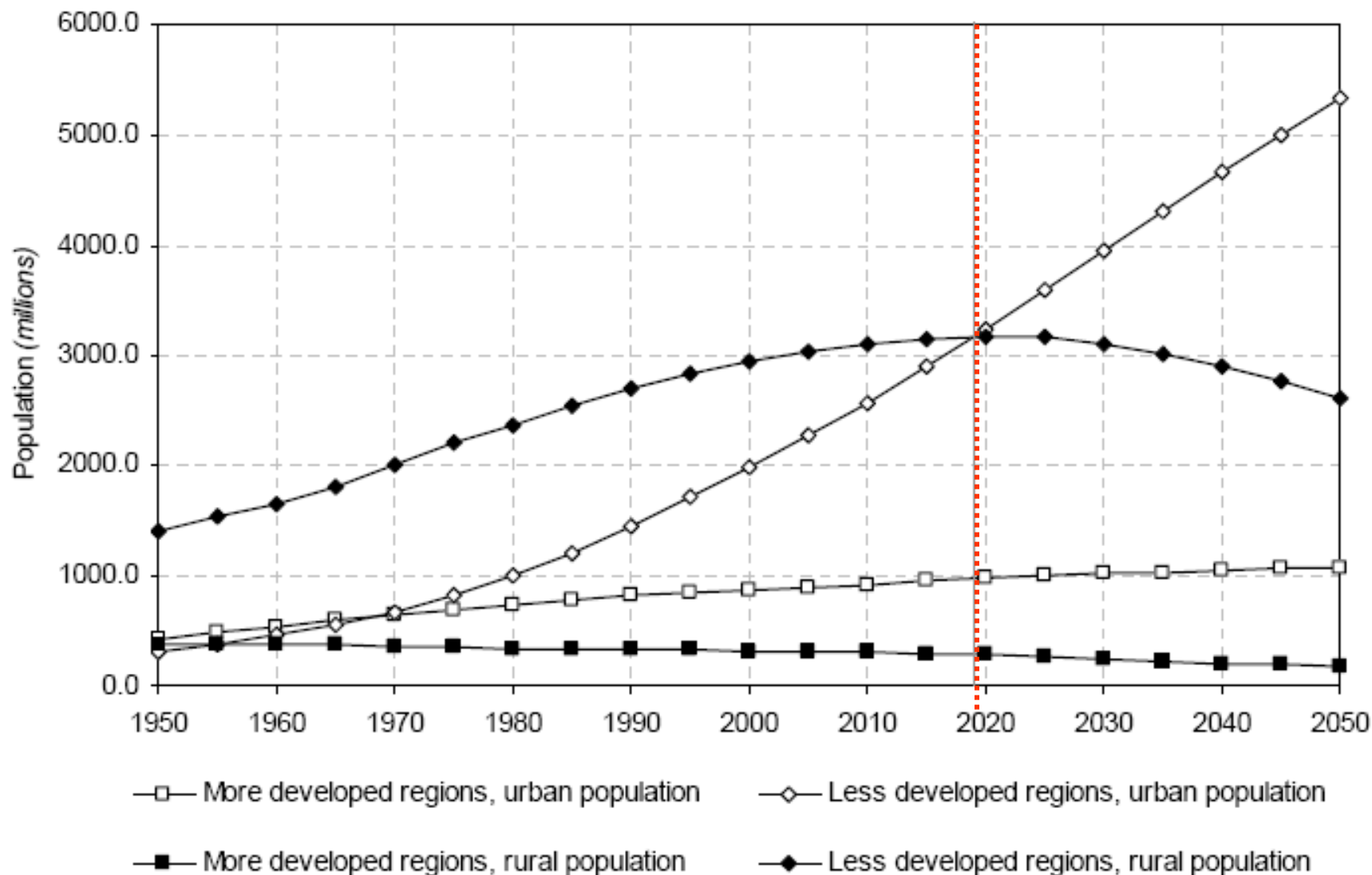
United Nations Department of Economics and Social Affairs/Population Division,
2008. World Urbanization Prospects: The 2007 Revision.

Figure I.1. Urban and rural populations of the world, 1950-2050



United Nations Department of Economics and Social Affairs/Population Division, 2008.
World Urbanization Prospects: The 2007 Revision.

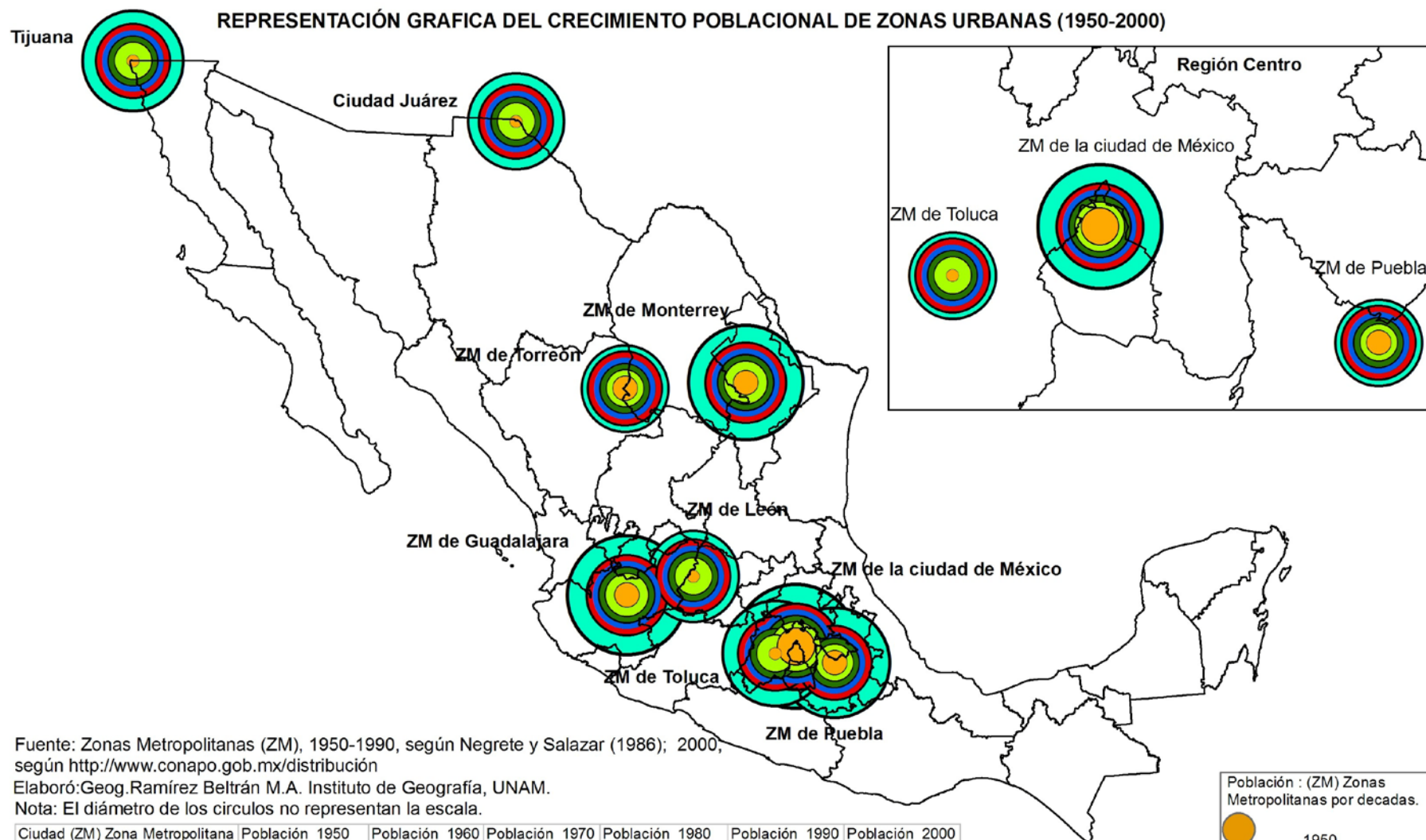
Figure I.2. Urban and rural populations, by development group, 1950-2050



..... 2019 50% población urbana

United Nations Department of Economics and Social Affairs/Population Division, 2008.
World Urbanization Prospects: The 2007 Revision.

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL DE ZONAS URBANAS (1950-2000)



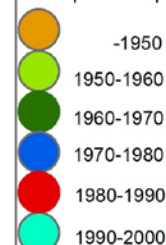
Fuente: Zonas Metropolitanas (ZM), 1950-1990, según Negrete y Salazar (1986); 2000, según <http://www.conapo.gob.mx/distribución>

Elaboró: Geog. Ramírez Beltrán M.A. Instituto de Geografía, UNAM.

Nota: El diámetro de los círculos no representan la escala.

Ciudad (ZM) Zona Metropolitana	Población_1950	Población_1960	Población_1970	Población_1980	Población_1990	Población_2000
ZM de la ciudad de México	3299837	5409119	8904068	13878912	14773182	18010877
ZM de Guadalajara	460304	876049	1492839	2264602	2908698	3677531
ZM de Monterrey	384860	719648	1284214	2001502	2560363	3299302
ZM de Puebla	355590	452633	731647	1136875	1457258	1885321
ZM de Toluca	193611	249364	373415	597330	827163	1344575
Tijuana	59952	152374	277306	429500	698752	1274240
Ciudad Juárez	122566	262119	407370	544496	789522	1206824
ZM de León	191318	300903	470209	722384	951521	1027466
ZM de Torreón	297801	392560	482902	689195	791891	1007291

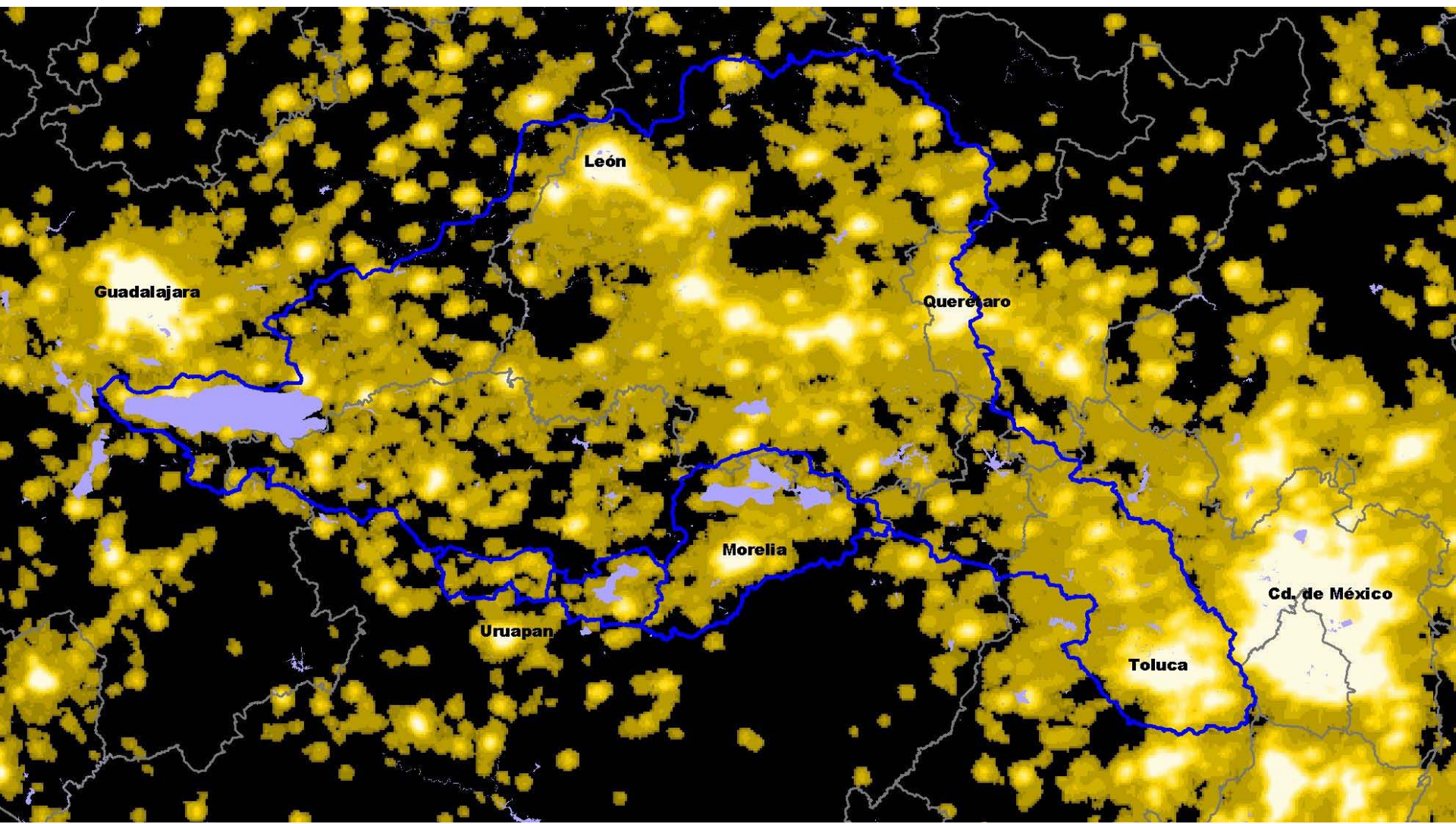
Población : (ZM) Zonas Metropolitanas por décadas.



Zonas Metropolitanas de México

(2005-2010)

Zona Metropolitana	No. habitantes
ZMCMéxico	20'137,152
ZMGuadalajara	4'434,252
ZMMonterrey	3'738,077
ZMPuebla	2'470,206
ZMToluca	1'633,052
Tijuana	1'575,026
Ciudad Juárez	1'313,338
ZMLeón	1'425,210
ZMTorreón	1'199,890



Calidad del agua ZMCM

Mazari-Hiriart et al., 2005. *Applied and Environmental Microbiology* 71(9).

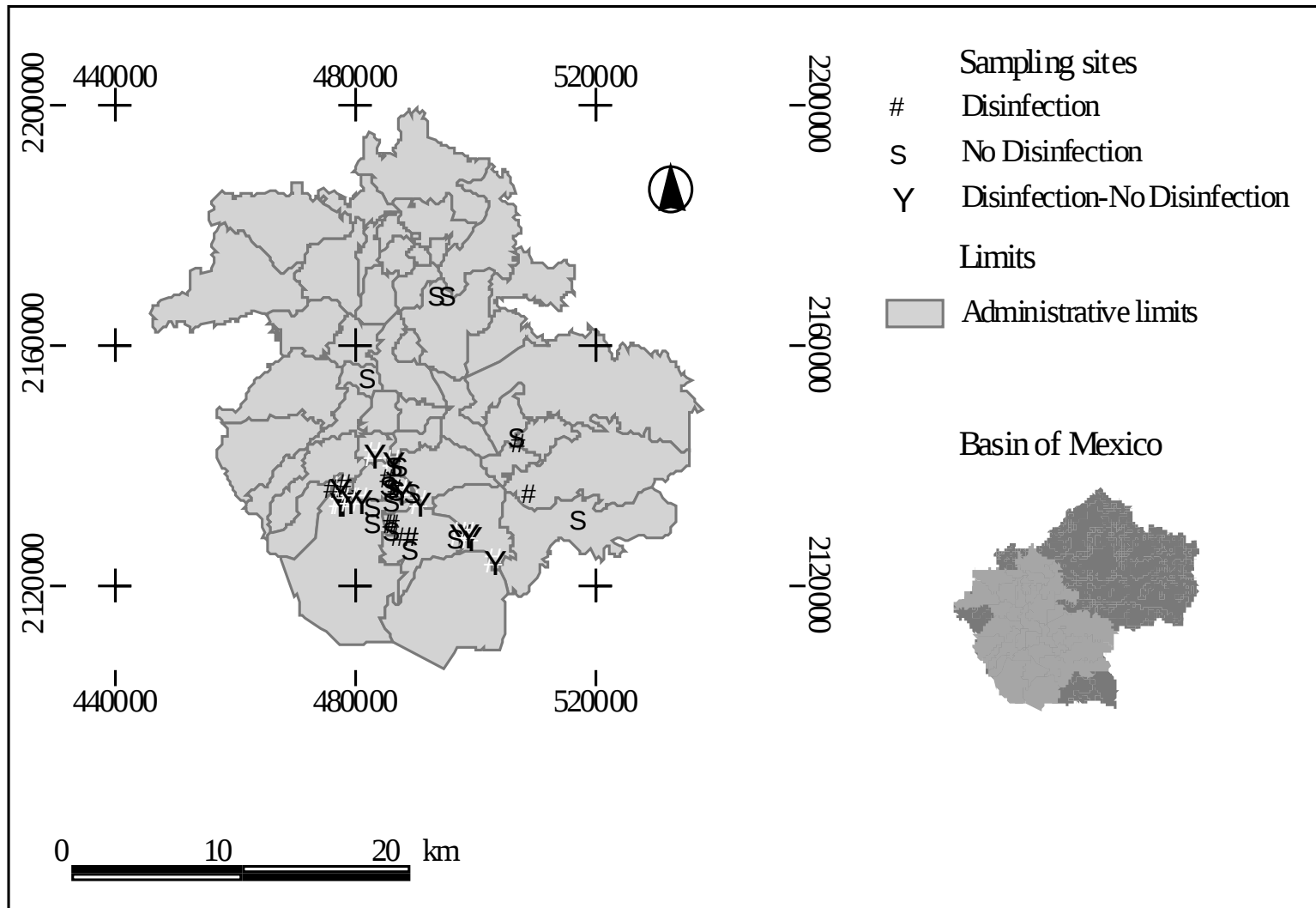


TABLE 3. Microorganisms in water samples from MCMA

Microorganism	No. of samples with microorganism ^a				Total
	Rainy season		Dry season		
	Cl (n = 22)	No Cl (n = 30)	Cl (n = 20)	No Cl (n = 30)	
Total coliforms					
<i>Escherichia coli</i>	3	1	1	2	7
<i>Klebsiella pneumoniae</i>		1	1	1	3
<i>Enterobacter cloacae</i>	1	1	1		3
<i>Enterobacter agglomerans</i>				1	1
Fecal coliforms					
<i>Escherichia coli</i>	2			2	4
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	1			1	
Catalase-positive, gram-positive cocci					
<i>Micrococcus</i> sp.		2	1	2	5
Streptococci					
<i>Enterococcus</i> sp.	3	5	6	12	26
Viridans group streptococci	1		9	7	17
<i>Klebsiella</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Serratia</i> , <i>Plesiomonas</i> , and others					
<i>Enterobacteriaceae</i>					
<i>Serratia odorifera</i>		1			1
<i>Vibrio</i> spp.					
<i>Vibrio fluvialis</i>				1	1
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>				1	1
<i>Pseudomonas</i> spp.					
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1	1	1	1	4
<i>Pseudomonas stutzeri</i>			1		1
<i>Pseudomonas</i> sp.			1		1
Nonfermentative, gram-negative bacilli		4	1	3	8
Total	12	16	23	33	84

Parameter	Value (median [1st and 3rd quartiles]) for indicated samples				<i>p</i> ^a	Permissible level	
	Rainy season		Dry season			U.S. EPA ^b	DOF ^b
	Cl (<i>n</i> = 22)	No Cl (<i>n</i> = 30)	Cl (<i>n</i> = 20)	No Cl (<i>n</i> = 30)			
Temperature (°C)	18.1 (16, 20.2)	18.3 (15, 20.2)	19.3 (15.8, 20.9)	17.5 (15.1, 20)	NS		
Conductivity (μS/cm)	429 (376, 616)	491.5 (325, 769)	445.5 (317.5, 655)	456.5 (333, 774)	NS		
pH	7.03 (6.55, 7.35)	6.89 (6.69, 7.15)	6.61 (6.37, 6.95)	6.70 (6.49, 7.05)	NS	6.5–8.5	6.5–8.5
Dissolved oxygen (mg/liter)	3.4 (3, 4.2)	4.1 (3.2, 6.6)	4.2 (3.4, 6.00)	4.8 (3.4, 6)	NS		
Nitrates (mg/liter)	2.9 (1.4, 3.7)	8.8 (3.8, 18.4)	5.6 (2.2, 13.8)	8.3 (4.7, 29.4)	0.0001	10	10
Ammonia (mg/liter)	0.9 (0.5, 2.0)	2.5 (0.8, 12.1)	5.1 (0.8, 24.3)	4.0 (1.0, 14.0)	0.034		0.50
Residual chlorine (mg/liter)	0.06 (0.00, 0.23)	0.014 (0.006, 0.022)	0.06 (0.02, 0.92)	0.02 (0.01, 0.04)	0.018		0.2–1.5
Chloroform (μg/liter)	48.8 (40.0, 71.8)	43.9 (36.6, 55.3)	103.2 (46.7, 197.7)	39.0 (14.4, 123.7)	0.019		
Bromodichloromethane (μg/liter)	14.6 (6.1, 34.7)	<8 (0, 11.8)	<8 (0, 33.7)	<8 (0, 0)	0.0001		
Dibromochloromethane (μg/liter)	<18 (0, 14.0)	<18 (0, 0)	<18 (0, 0)	<18 (0, 0)	NS		
Bromoform (μg/liter)	<22 (0, 0)	<22 (0, 0)	<22 (0, 0)	<22 (0, 0)	NS		
Total trihalomethanes (μg/liter)	77.3 (49.9, 109)	48.5 (41.0, 94.9)	103.2 (46.7, 233.0)	40.2 (14.4, 186.0)	0.042	100	200
Total organic carbon (mg/liter)	41.7 (22.2, 66)	42.8 (24.5, 56.3)	3.8 (0, 26.8)	5.7 (0.2, 16.6)	0.0001		

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

Groundwater Vulnerability Assessment for Organic Compounds: Fuzzy Multicriteria Approach for Mexico City

MARISA MAZARI-HIRIART*

Departamento de Ecología de la Biodiversidad
Instituto de Ecología
Universidad Nacional Autónoma de México
Tercer Circuito Exterior Ciudad Universitaria
Coyoacán, 04510 México, D.F., México

GUSTAVO CRUZ-BELLO

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias
Carmen Coyoacán, 04110 México, D.F., México

LUIS A. BOJÓRQUEZ-TAPIA

LOURDES JUÁREZ-MARUSICH

Programa Universitario de Medio Ambiente
Universidad Nacional Autónoma de México
Circuito Exterior Ciudad Universitaria
Coyoacán, 04510 México, D.F., México

GEORGINA ALCANTAR-LÓPEZ

Dirección General de Política Ambiental e Integración
Regional y Sectorial
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Tlalpan, 14210 México, D.F., México

LUIS E. MARÍN

Departamento de Recursos Naturales
Instituto de Geofísica
Universidad Nacional Autónoma de México
Circuito Exterior Ciudad Universitaria
Coyoacán, 04510 México, D.F., México

ERNESTO SOTO-GALERA

Instituto Mexicano del Petróleo
San Bartolo Atepehuacan, 07730 México, D.F., México

ABSTRACT / This study was based on a groundwater vulnerability assessment approach implemented for the Mexico City Metropolitan Area (MCMA). The approach is based on a fuzzy multicriteria procedure integrated in a geographic information system. The approach combined the potential contaminant sources with the permeability of geological materials. Initially, contaminant sources were ranked by experts through the Analytic Hierarchy Process. An aggregated contaminant sources map layer was obtained through the simple additive weighting method, using a scalar multiplication of criteria weights and binary maps showing the location of each source. A permeability map layer was obtained through the reclassification of a geology map using the respective hydraulic conductivity values, followed by a linear normalization of these values against a compatible scale. A fuzzy logic procedure was then applied to transform and combine the two map layers, resulting in a groundwater vulnerability map layer of five classes: very low, low, moderate, high, and very high. Results provided a more coherent assessment of the policy-making priorities considered when discussing the vulnerability of groundwater to organic compounds. The very high and high vulnerability areas covered a relatively small area (71 km² or 1.5% of the total study area), allowing the identification of the more critical locations. The advantage of a fuzzy logic procedure is that it enables the best possible use to be made of the information available regarding groundwater vulnerability in the MCMA.

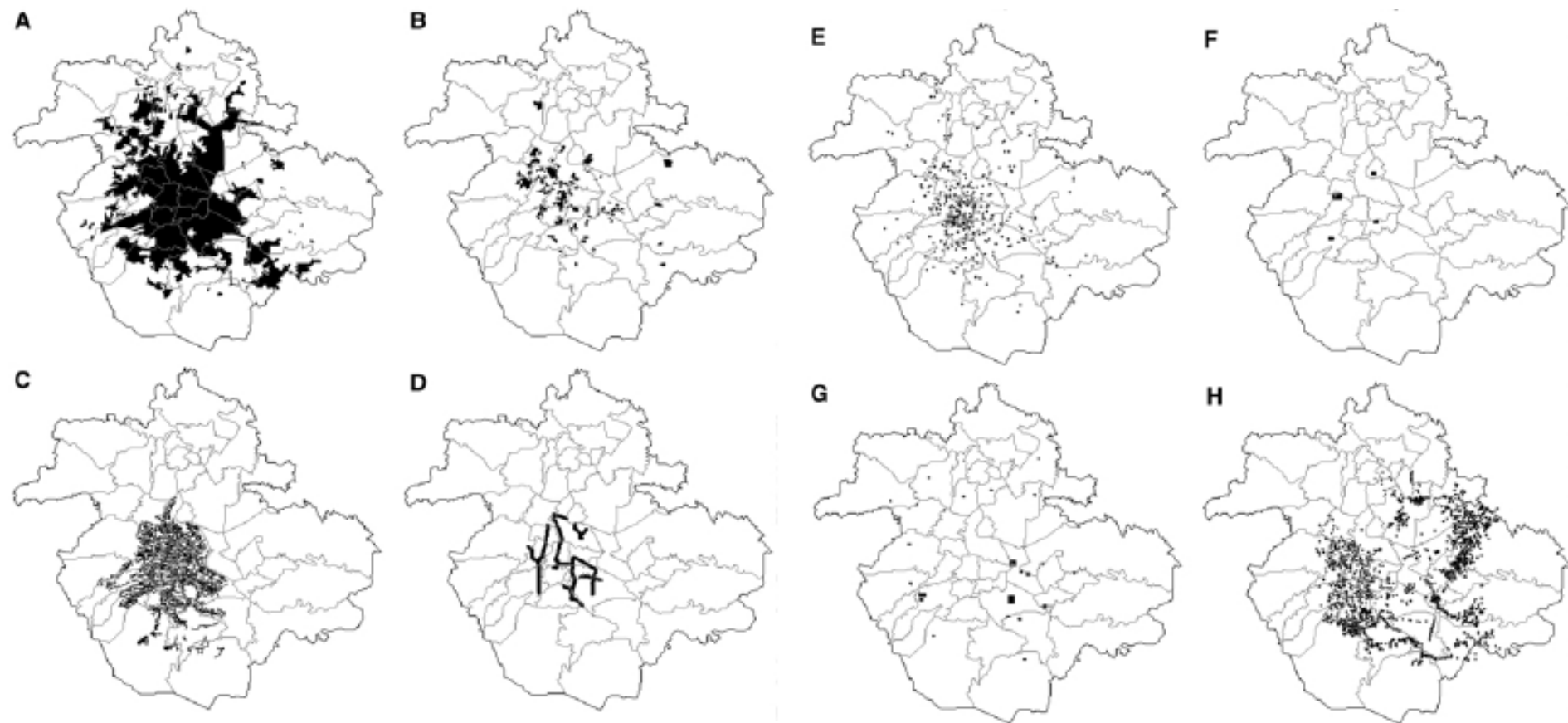
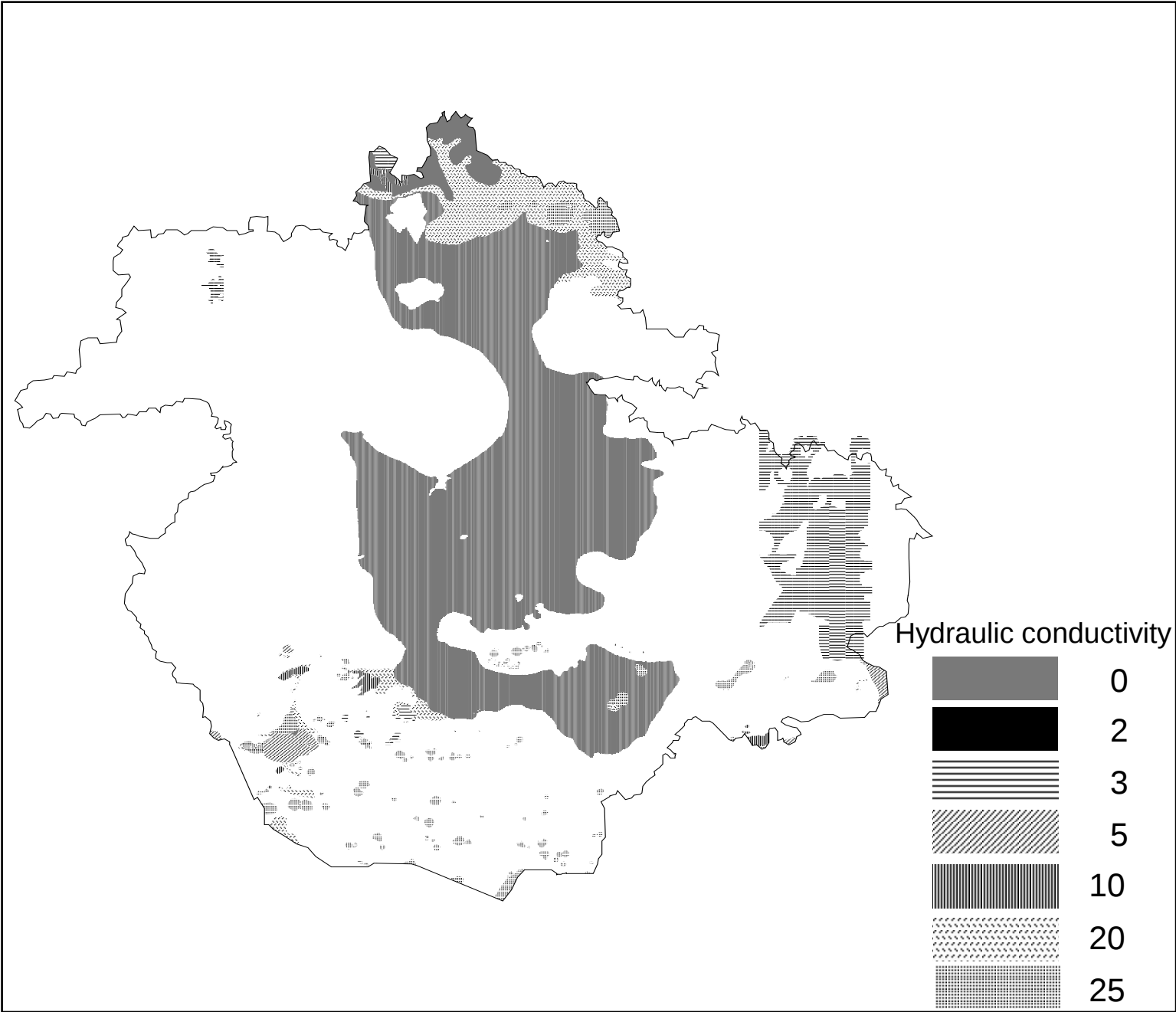


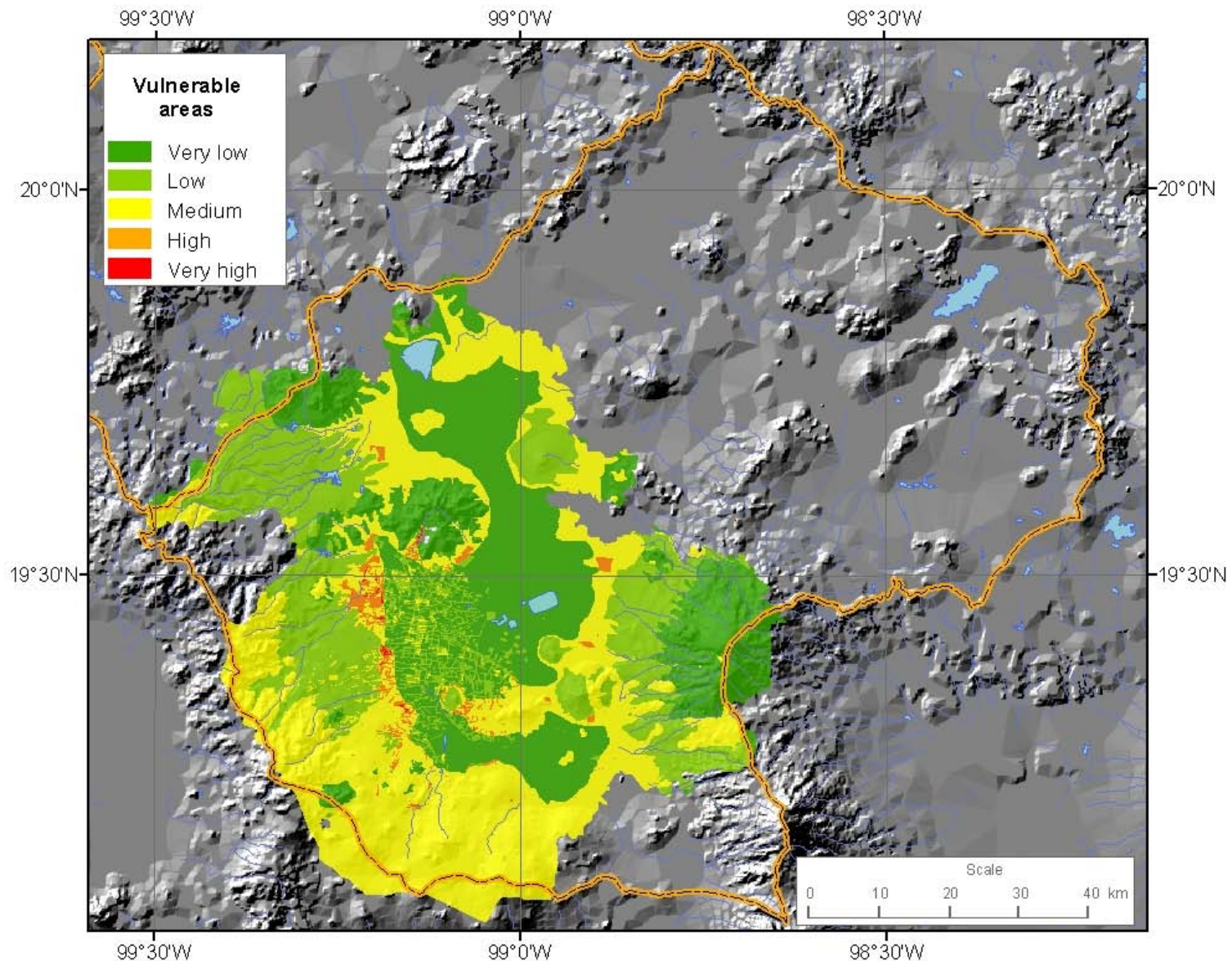
Figure 4. Location of contaminant sources in Mexico City: (A) urban zone, (B) industry, (C) primary sewer, (D) deep sewer, (E) gas stations, (F) fuel deposits, (G) landfills, and (H) extraction wells. Subdivisions correspond to the 16 administrative units of the Federal District and 27 neighboring municipalities in the State of Mexico.

Figure 4



Vulnerabilidad del sistema de acuíferos ZMCM

Mazari-Hiriart *et al.*, 2006. *Environmental Management* 37(3).



Temas

- Calidad del agua
 - Contaminación
 - Salud ambiental
- Fuentes contaminantes
- Servicios ecosistémicos / ambientales

Visión recurso agua

- Volumen agua sobre la Tierra es finito
- Menos agua por persona disponible
- Crecimiento poblacional acelerado
- Agua para producir alimentos
- Agua para uso industrial
- Agua para conservar ecosistemas funcionales

Soluciones

- **Mejorar infraestructura + servicios**
- **REUSO agua manera segura**
- **Desalinización agua mar**
- **FRENAR crecimiento urbano / decisión política**
- **Agricultura zonas periurbanas**
- **Cuidar tasa renovación recurso agua / volumen almacenado / alteración / calidad → Disponibilidad**
- **RECONOCER liga entre biodiversidad + ecosistemas → estado recursos / AGUA**
- *Ecosalud* → gente sana depende de un ecosistema sano

Beneficios

**Ordenamientos ecológicos → Manejo
adeucado uso + recursos hídricos**

**Mejores condiciones vida y salud
población**

**Recursos naturales próximas
generaciones**

Nuevos retos

- Cantidad/calidad agua incierta diversos usos
- **Reuso de agua** en la agricultura con agua residual y con agua residual tratada
- **Inyección de agua tratada (reuso)** a sistemas de agua subterránea
- Incremento de enfermedades debidas ampliación distribución de vectores (Dengue_mosco), microorganismos (*H. pylori*)
- Enfermedades emergentes (poliomielitis_virus, paludismo_bacteria)