

**THE U.S.-MEXICAN
BORDER ENVIRONMENT**

Dynamics of Human-Environment Interactions

SCERP Monograph Series, no. 11

A series edited by Paul Ganster

Contributors

NATASHA L. CLEVELAND	UNIVERSITY OF UTAH
KIMBERLY COLLINS	SAN DIEGO STATE UNIVERSITY
AMY CONNER	SOUTHWEST CONSORTIUM FOR ENVIRONMENTAL RESEARCH AND POLICY
CHRISTOPHER A. ERICKSON	NEW MEXICO STATE UNIVERSITY
CRAIG B. FORSTER	UNIVERSITY OF UTAH
CESAR FUENTES	COLEGIO DE LA FRONTERA NORTE
SUBHRAJIT GUHATHAKURTA	ARIZONA STATE UNIVERSITY
EDWIN J. HAMLIN	UNIVERSITY OF TEXAS AT EL PASO
SUSAN LEDLOW	ARIZONA STATE UNIVERSITY
ELENA LELEA	SOUTHWEST CONSORTIUM FOR ENVIRONMENTAL RESEARCH AND POLICY
JAMES PEACH	NEW MEXICO STATE UNIVERSITY
SERGIO PEÑA	UNIVERSITY OF TEXAS AT EL PASO
TARLA RAI PETERSON	UNIVERSITY OF UTAH
MARGARITO QUINTERO NÚÑEZ	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
EDWARD SADALLA	ARIZONA STATE UNIVERSITY
ALAN SWEEDLER	SAN DIEGO STATE UNIVERSITY
D. RICK VAN SCHOIK	SOUTHWEST CONSORTIUM FOR ENVIRONMENTAL RESEARCH AND POLICY

The Southwest Consortium for Environmental Research and Policy (SCERP) is a collaboration of U.S. and Mexican universities dedicated to addressing environmental issues of the U.S.-Mexican border region through applied research, outreach, and regional capacity building.

SCERP Universities

Arizona State University
Colegio de la Frontera Norte
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
New Mexico State University
San Diego State University
Universidad Autónoma de Baja California
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez
University of Texas at El Paso
University of Utah

SCERP website: www.scerp.org

**THE U.S.-MEXICAN
BORDER ENVIRONMENT**

Dynamics of Human-Environment Interactions

*Edited by
Edward Sadalla*

San Diego State University Press

Published by
San Diego State University Press
5500 Campanile Drive
San Diego, CA 92182-8141
<http://sdsupress.sdsu.edu>

Cover photos by B+20 Project Team and Erik Lee

©2005 San Diego State University Press
All rights reserved.
Printed in the United States of America

ISBN 0-925613-46-0

Previously published volumes in the SCERP Monograph Series,
The U.S.-Mexican Border Environment

No. 1 A Road Map to a Sustainable 2020

No. 2 Water Issues along the U.S.-Mexican Border

No. 3 Economy and Environment for a Sustainable Border Region

No. 4 U.S.-Mexican Border Communities in the NAFTA Era

No. 5 Overcoming Vulnerability: The Southwest Center for Environmental
Research and Policy's Research Program (1990–2002) and Future Agenda

No. 6 Air Quality Issues along the U.S.-Mexican Border

No. 7 Trade, Energy, and the Environment: Challenges and Opportunities
for the Border Region, Now and in 2020

No. 8 Binational Water Management Planning

No. 9 Tribal Environmental Issues of the Border Region

No. 10 Improving Transboundary Air Quality with Binational Emission
Reduction Credit Trading

About this volume:

All times are local

All monetary figures are US\$ unless otherwise specified

The views of the authors contained herein are not necessarily the views of SCERP, the U.S. Environmental Protection Agency, or the Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. They are presented in the interest of providing a wide range of policy recommendations to prompt discussion and action in the U.S.-Mexican border region.

Contents

Preface v

Prefacio ix

Introduction xiii

Introducción xxi

Section I Theoretical and Empirical Foundation

- I-1. Dynamics of Human-Environment Interactions in the U.S.-Mexican Border Region
Dinámicas de Interacciones Humano-Ambientales en la Frontera México-Estados Unidos
Craig B. Forster and Natasha L. Cleveland 1
- I-2. Environment and Quality of Life: A Conceptual Analysis and Review of Empirical Literature
El Medio Ambiente y la Calidad de Vida: Un Análisis Conceptual y Revisión de Literatura Empírica
Edward Sadalla, Subhrajit Guhathakurta, and Susan Ledlow 29
- I-3. Modeling the Institutional Framework Governing Land Use and Water Rights in the U.S.-Mexican Border Region
Modelado del Marco Institucional Gobernando el Uso del Suelo y los Derechos del Agua en la Región Fronteriza México-Estados Unidos
Sergio Peña and Cesar Fuentes 81
- I-4. Water Issues in the U.S.-Mexican Border Region
Factores del Agua en la Región Fronteriza México-Estados Unidos
D. Rick Van Schoik, Amy Conner, and Elena Lelea 123

I-5.	Energy Issues in the U.S.-Mexican Binational Region: Focus On California-Baja California <i>Temas de Energía en la Región Binacional México-Estados Unidos: Enfoque en Baja California-California</i> Alan Sweedler, Margarito Quintero Núñez, and Kimberly Collins	141
I-6.	Using System Dynamics Models of the Environment to Teach Sustainability Science: The Border+20 Model as a Pedagogical Device <i>La Enseñanza de la Ciencia Sustentable utilizando Modelos de Sistemas de Dinámicas del Medio Ambiente: El Modelo Frontera+20 como un Mecanismo Pedagógico</i> Edward Sadalla, Susan Ledlow, and Subhrajit Guhathakurta	185
Section II Modeling a Case Study		
II-1.	Overview of the Border+20 System Model Prototype: The Paso del Norte Region <i>Visión General del Prototipo de Modelo de Sistema Frontera+20: Región Paso del Norte</i> Craig B. Forster	205
II-2.	Modeling the Impact of Environment on Quality of Life <i>Modelado del Impacto Ambiental en la Calidad de Vida</i> Subhrajit Guhathakurta and Edward Sadalla	227
II-3.	Modeling the Demographic Characteristics of the Paso del Norte Region <i>Modelado de las Características Demográficas de la Región Paso del Norte</i> James Peach	251
II-4.	The Economies of El Paso and Ciudad Juárez <i>Las Economías de El Paso y Ciudad Juárez</i> Christopher A. Erickson	269

II-5. Modeling Water Availability and Use in the Paso del Norte Region <i>Modelado de la Disponibilidad y Uso del Agua en la Región Paso del Norte</i> Craig B. Forster and Edwin J. Hamlyn	293
II-6. Land Use Changes in the Paso del Norte Region: A Brief History <i>Cambios del Uso del Suelo en la Región Paso del Norte: Una Historia Breve</i> Sergio Peña, Cesar Fuentes, and Craig B. Forster	321
II-7. Paso del Norte Air Quality <i>La Calidad del Aire en el Paso del Norte</i> Margarito Quintero Núñez and Craig B. Forster	341
Afterword. Interdisciplinary and Team Dynamics Craig B. Forster, Tarla Rai Peterson, and Edwin J. Hamlyn	365
<i>Index</i>	383

Preface

H. L. Mencken once said that “for every complex problem, there is a solution that is simple, neat, and *wrong*.” In other words, just because a solution is simple does not mean it is a good solution, or the most appropriate, or the most long-lasting. When addressing problems in a binational or transboundary context, the complexity of two legal systems, two cultures, two languages, and economic asymmetry translates into multifaceted problems that cannot be resolved simply. In the U.S.-Mexican border region, solutions that can be perceived as simple and affordable can still be the wrong policy choices. Here, no good solution is simple.

The question, then, is how to find the good, and even optimal, solutions when addressing transboundary challenges. How can decision-makers best understand relationships and connections among seemingly disconnected concepts and players? How can policymakers and resource managers avoid making decisions that exacerbate other current or emerging problems in the U.S.-Mexican border region? Instead, how can they best be informed to make decisions that address the challenges of water scarcity in an arid environment, health in impoverished communities, protection for nature in an expanding urban setting, and air pollution from multiple sources—all in ways that do not have harmful repercussions for future generations? In sum, the issue is how to access and interpret information in a manner that promotes the best policy decisions—those that benefit the maximum number of people in the most ways for the longest time.

To avoid oversimplifying responses to challenges in the U.S.-Mexican border region, a focus on interrelationships among issues, or a systems approach, is necessary. The challenges of extraordinarily fast growth, persistent economic asymmetry, looming droughts and water shortages, the push for industrialization, and a growing middle class in the U.S.-Mexican border region all have direct impacts on economic and environmental policy. Academia is still the

best group to develop solutions to those issues because of its ability to conduct unbiased and comprehensive long-term planning and truly regional thinking. Recent trends toward “sustainability science”—defined as interdisciplinary research across different scales, media (such as water, air, or soils), and a wide range of academic disciplines—afford an emerging class of natural/physical and social scientists the opportunity to deal with many difficult problems at the same time. Academia is now able to map concepts and their connections, and in the process develop a representative model that assesses the multiple impacts of one action or decision. For example, energy exploration and development has air quality, water supply, economic prosperity, community vitality, and other foreseen and unintended consequences that are not fully understood individually or collectively.

Since the early 1990s, the faculty of the universities that make up the Southwest Consortium for Environmental Research and Policy (SCERP) have set an example for binational research and policy development. Based upon that expertise and success, SCERP was challenged to answer the following seemingly simple, but actually very complex, question: What will the border look like in 20 years? The decision was made that the maximum value would be realized by all the constituencies in the region by taking the unique approach of developing a relational, or “system dynamics,” model. This would allow researchers to inquire of and educate the international, national, and local decision-making and policymaking processes about direct and indirect, diffused and disparate, and immediate and delayed consequences of apparently unrelated decisions.

The model, called Border Plus Twenty Years, or *Frontera Más Veinte Años* (B+20/F+20), consists of a binational team of researchers from various academic disciplines. They work with a software program that outputs a series of graphs and charts based on information entered into the program and questions then asked of it. The model, which is flexible, relates many parts of an entire problem—the elements of which were identified and further defined in meetings with local decision-makers who explained their concerns and outlined their questions—and presents a series of scenarios about how the future might look in the U.S.-Mexican border region.

Preface

B+20 projects human impacts on the border environment for the next 20 years. In particular, the maps and charts used to present these scenarios are especially useful in analyzing information about border areas because they span languages, laws, and cultures and can help develop real understandings of relationships among the factors that create the scenarios. The binational model appeals and adds to the process of making decisions in both the United States and Mexico. The model helps optimize the investment of scarce resources by showing the effects of local efforts across the border, as well as the complementary effects of actions taken in unison.

B+20 has been invaluable to a handful of multinational agencies that exist to overcome binational challenges. For example, in the absence of a strategic plan for the border region by any binational organization, and following years of marginalization by national agencies, B+20 is able to inform the Border Environment Cooperation Commission (BECC), International Boundary and Water Commission (IBWC), and local agencies such as the Salton Sea Authority about ways to:

- Avoid unintended and some unforeseen consequences
- Become aware of and avert severe human health risks
- Assess transboundary effects so joint attention can forestall crisis

The model is further used to show the special case of the political boundary between a developed country and developing country, as well as the special role of the border as the place where the North American Free Trade Agreement (NAFTA) makes the most difference. Exploring and explaining the value of the border to both nations motivates funding as well as priorities. In practice, the model has been useful in informing one agency about the issues and trade-offs involved at others. For example, it tells water agencies what energy or air quality agencies are thinking about, and vice versa.

The program started as a highly ambitious and potentially risky endeavor. But so far, SCERP and the modelers have been able to avoid potentially fatal flaws that have plagued other modeling efforts and binational collaborations. B+20 has been successful because it:

Dynamics of Human-Environment Interactions

- Chose a robust software platform that can be used to communicate directly with the public, show decision-makers the effects of their policies, and educate a wide range of U.S. and Mexican students (because the project team published a system dynamics manual in Spanish)
- Maintained a flexible process that accommodated the necessary planned, and also the unanticipated, changes in the make-up of the modeling team
- Started and remained bilateral and regional in concern
- Avoided the narrowness and dogma associated with each individual academic discipline and media
- Committed to and ensured relevant final products and tangible outcomes early in the process

The chapters in this volume of the SCERP Monograph Series, *The U.S.-Mexican Border Environment*, reflect the studies and analyses conducted as part of the B+20 modeling process. An Afterword is included that addresses some of the process issues raised herein. The overall content can be used to better understand the systems model the project team built and inform decision-makers of the factors that must be considered when developing solutions to complex problems in the U.S.-Mexican and other border regions.

D. Rick Van Schoik
Managing Director, SCERP
San Diego, California
August 2004

Prefacio

H. L. Mencken comentó en una ocasión “para cada problema complejo, hay una solución que es simple y equivocada”. En otras palabras, solo porque una solución es simple no significa que es una buena solución, o la más apropiada, o la más duradera. Cuando se abordan los problemas en un contexto binacional o transfronterizo, la complejidad de dos sistemas legales, dos culturas, dos idiomas, y asimetrías económicas, se traducen en problemas multifacéticos que no pueden ser resueltos a través de la simplicidad. En la región fronteriza México-Estados Unidos, las soluciones que pueden ser percibidas como simples y accesibles pueden ser selecciones de dos políticas equivocadas. Aquí, ninguna solución buena es simple.

La pregunta entonces es, cómo encontrar soluciones buenas y óptimas al abordar retos transfronterizos? Cómo pueden los tomadores de decisiones entender mejor las relaciones y nexos entre conceptos y participantes aparentemente desconectados? Cómo pueden los responsables de elaborar políticas y administradores de recursos evadir la toma de decisiones que agravan otros problemas presentes o en surgimiento en la región fronteriza México-Estados Unidos? A cambio, cómo pueden estar mejor informados para tomar decisiones que aborden los cambios de la escasez del agua en un medio ambiente árido la salud en las comunidades pobres, la protección de la naturaleza en la invasión de un escenario urbano, y la contaminación del aire por múltiples fuentes—todo en maneras que tienen repercusiones dañinas para futuras generaciones? En resumen, el tema es cómo conseguir acceso y cómo interpretar información de una manera que promueva las mejores decisiones de política-aquellas que benefician el número máximo de personas en diversas formas y por el mayor tiempo.

Para poder evadir respuestas a retos sobre-simplificados en la región fronteriza México-Estados Unidos, es necesario un enfoque en interrelaciones entre temas, o un sistema de aproximación. Los retos de un crecimiento extraordinariamente acelerado, de una asimetría económica persistente, de sequías y escaseces inminentes,

de una industrialización fomentada, y un crecimiento de la clase media en la región fronteriza de México-Estados Unidos, tienen un impacto directo en la política económica y ambiental. La Academia es aún el mejor grupo para desarrollar estas respuestas debido a su disponibilidad para conducir una planeación imparcial y comprensiva a largo plazo y una conciencia verdaderamente regional. Las tendencias recientes hacia una “ciencia sustentable”—definida como una investigación interdisciplinaria en diferentes escalas, medium (tales como el agua, aire, o los suelos). Y una gama variada de disciplinas académicas—se permiten a una clase emergente de científicos fuertes y sociales la oportunidad de lidiar con muchos problemas difíciles al mismo tiempo. La Academia ahora tiene la disponibilidad de trazar conceptos y sus relaciones, y en el proceso de desarrollar un modelo representativo que evalúe los múltiples impactos de una acción o decisión. Por ejemplo, la exploración y desarrollo de la energía tiene a la calidad del aire, suministro de agua, prosperidad económica, vitalidad comunitaria, y a otras consecuencias no intencionadas ni previstas que no son completamente comprendidas individualmente o colectivamente.

Desde los 1990s, las facultades de las universidades que integran el Consorcio de Investigación y Política Ambiental del Suroeste (CIPAS), han establecido un ejemplo para la cooperación binacional y el desarrollo de política. Basado en su experiencia y éxito, el CIPAS estuvo retado a contestar las siguientes aparentemente simples, pero más bien muy complejas preguntas: Cómo se verá la frontera en 20 años? La decisión fue que el valor máximo sería realizado por todas las circunscripciones en la región al tomar un enfoque único de desarrollar una relación o un modelo de “sistema de dinámicas”. Esto permitiría a los investigadores a preguntar y educar al proceso internacional, nacional y local de toma de decisiones y de elaboración de políticas sobre las consecuencias directas e indirectas, confusas y diferentes, y tardías e inmediatas de decisiones aparentemente no relacionadas.

El modelo, llamado Frontera Más Veinte Años (B+20/F+20), consiste de un grupo binacional de investigadores de varias disciplinas académicas. Este grupo trabaja con un programa computacional que proporciona una serie de gráficas y cuadros basados en información proporcionada al programa y preguntas realizadas al mismo. El mod-

Prefacio

elo, el cual es flexible, relaciona muchas partes de un problema—elementos que fueron extraídos de reuniones establecidas con tomadores de decisiones quienes explicaron sus preocupaciones y establecieron sus preguntas—y presenta una serie de escenarios sobre cómo se verá en un futuro la región fronteriza de México-Estados Unidos.

F+20 demuestra los impactos humanos en el medio ambiente de la frontera para los próximos 20 años. En particular, los mapas y cuadros usados para presentar estos escenarios son especialmente provechosos para analizar la información sobre las áreas fronterizas ya que abarcan idiomas, leyes, y culturas y pueden ayudar a desarrollar entendimientos reales y relaciones entre los factores que crean los escenarios. El modelo binacional atrae y añade al proceso natural de toma de decisiones en ambos México y los Estados Unidos. El modelo ayuda a optimizar la inversión de recursos escasos al demostrar los efectos de los esfuerzos locales a lo largo de la frontera, así como los efectos complementarios de acciones tomadas en unísono.

F+20 ha sido invaluable para diversas agencias multinacionales que existen para superar los retos binacionales. En ausencia de un plan estratégico para la región fronteriza de cualquier organización binacional, y siguiendo años de marginación por agencias nacionales, F+20 puede informar a los tomadores de decisiones sobre las maneras para:

- Evadir consecuencias no intencionadas e imprevistas
- Conscientizarse y prevenir riesgos severos a la salud humana
- Evaluar efectos transfronterizos para que la atención conjunta pueda anticipar la crisis

El modelo es utilizado posteriormente para demostrar el caso especial del límite político entre un país desarrollado y un país en desarrollo, así como el papel especial de la frontera como el lugar en el cual el Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN) hace la mayor diferencia. Explorar y explicar a ambas naciones el valor de la frontera motiva el patrocinio así como las prioridades. En la práctica, el modelo ha sido valioso en informar a una agencia sobre los temas y equilibrios involucrados en otros. Por ejemplo, informa a agencias de agua lo que las agencias de energía o de calidad del aire están pensando, y vice versa.

Dynamics of Human-Environment Interactions

El programa comenzó como una tarea muy ambiciosa y potencialmente riesgosa. Pero hasta hoy, el CIPAS y los modeladores han podido evadir lagunas potencialmente fatales que han contaminado otros modelos y colaboraciones binacionales. F+20 ha sido exitoso ya que:

- Escogió una plataforma computacional fuerte que puede ser usada para comunicarse directamente con el público, demostrar a los tomadores de decisiones los efectos de sus políticas, y educar a una amplia gama de estudiantes mexicanos y estadounidenses (ya que el grupo del proyecto publicó un manual de sistema de dinámicas en español)
- Mantuvo un proceso flexible que acondicionó los cambios en el grupo de modelado necesariamente planeados y no anticipados
- Comenzó y permaneció bilateral y regional en sus preocupaciones
- Evadió la estrechez y el dogma asociado con cada disciplina académica individual y medium
- Se comprometió y aseguró a principios del proceso productos finales relevantes y pronósticos tangibles

Los capítulos en este volumen de las Series de Monografías del CIPAS, El Medio Ambiente de la Frontera México-Estados Unidos, reflejan los estudios y análisis realizados como parte del proceso de modelado de F+20. Un Epílogo se incluye que aborda algunos de los temas del proceso surgidos en el mismo. El contenido general puede ser usado para comprender mejor el modelo de sistemas que el grupo del proyecto construyó y para informar a los tomadores de decisiones sobre los factores que deben ser considerados al desarrollar soluciones para los problemas complejos en la región México-Estados Unidos así como en otras regiones fronterizas.

D. Rick Van Schoik
Director, CIPAS
San Diego, California
Agosto 2004

Introduction

This volume reports the results of a Southwest Consortium for Environmental Research and Policy (SCERP) directed research project known as the Border Plus Twenty Years (B+20) Project. This multi-disciplinary, multi-institutional project was designed to produce an empirically based system dynamics model of the U.S.-Mexican border environment that could be used to guide planning and policy decisions. The principal goal for this effort is derived from the vision statement generated in 1999 at the first Border Institute convened by SCERP: To aid borderland decision-makers in finding ways to maintain a satisfactory quality of life for all residents and a healthy sustainable natural environment. To this end, B+20 was designed to build a computer-based system dynamics framework for exploring future conditions along the U.S.-Mexican border for a series of alternative 20-year futures (hence the “20” in the project name B+20).

In addition to an international border, the United States and Mexico share airsheds, watersheds, energy sources, metropolitan communities, economic ties, and transportation links. The relationship between humans and the environment in the border region is influenced both by local factors and factors from outside the region. Some of the important remote influences include the national economies of the United States and Mexico and the laws and regulatory structures generated by the respective national governments.

After four years of effort, B+20 has created a system dynamics model that can be used as a decision support tool for evaluating the consequences of different courses of action in the border region. The system dynamics model quantifies relationships between different components of the environment and human behavior. The model includes the following components: population, economy, energy, air quality, water supply and quality, land use, and human quality of life. The model links each environmental factor and provides feedback loops so that the widespread effects of changing any

component of any factor may be evaluated. Because the model is able to project alternative futures, it allows decision-makers to ask “what if” questions and to evaluate the potential consequences of different policy options.

The model was developed and first applied in the tri-state Paso del Norte region for several reasons. The density of data availability, the pressing nature of the transboundary issues, and the close interdependencies between the two large cities of El Paso, Tex., and Ciudad Juárez, Chih., made Paso del Norte the optimal area for this pilot project.

This volume comprises two sections. Section I outlines the theoretical and empirical foundation used to develop system dynamics models for different geographic locations along the U.S.-Mexican border. This section explains systems thinking and the system dynamics modeling approach with specific reference to conditions affecting human-environment interactions in the border region. In addition, Section I provides border-scale insight about how to assess and model quality of life issues, institutional frameworks, and energy considerations.

In Chapter I-1, Forster and Cleveland provide an overview of the B+20 project. They describe the goals of the project, the general environmental conditions in the Paso del Norte region, and the rationale for using a system dynamics approach. This chapter also provides the necessary background for understanding the assumptions and icons employed in the object-oriented, commercially available STELLA® software, which was used to create the actual system dynamics model.

B+20 is based on the well-validated assumption that change in one component of an environmental system will produce widespread changes in other parts of the system. An environmental system also includes the humans that live in the region because humans react to environmental changes, and through their activity, cause environmental changes. Two of the most potent elements in the B+20 model—economics and demography—are essentially models of human behavior. In Chapter I-2, Sadalla, Guhathakurta, and Ledlow discuss the effects of environmental changes on human quality of life and human well-being. This chapter discusses the conceptual and methodological problems involved in quantifying and relating

Introduction

quality of life, and reviews empirical literature that links elements of the environment (such as air quality, water quality, transportation, economy, and population size) to quality of life.

In Chapter I-3, Peña, Fuentes, and Forster provide a historical description of land use changes in Paso del Norte. Paso del Norte is a region that has been characterized by urban growth and urban sprawl. The B+20 project has been designed as a forecasting tool that would allow a user to create different urban growth scenarios over a 20-year period of time, and to explore the environmental and economic consequences of each scenario. The Paso del Norte land use model was designed to study how economic and demographic processes trigger the demand for urban land for residential, industrial, commercial, and transportation purposes.

Van Schoik, Conner, and Lelea discuss issues related to sustainable water use in the border region in Chapter I-4. Because of its arid climate, the history of this region (like that of most of the Western United States) involves a series of conflicts over water. In this chapter, the authors note that such conflicts will be exacerbated by population growth and that the solutions to water conflicts will have widespread effects on energy production, biodiversity, regional economies, and the health of residents. The chapter provides a sensitive discussion of the political complexities of managing water resources along the border and discusses the problems that binational institutions (such as International Boundary and Water Commission-Comisión Internacional de Límites y Aguas, Border Environment Cooperation Commission, and North American Development Bank) have had in dealing with current water issues. The chapter concludes with a discussion of innovative mechanisms that could improve the long-term management of this scarce resource.

Due to recent and projected population growth in the border region, there is an increasing demand for environmentally sensitive and sustainable sources of energy. In Chapter I-5, Sweedler, Quintero Núñez, and Collins discuss significant energy issues confronting the binational region. The chapter explores the complex array of regulatory structures in the United States and those evolving in Mexico. Problems in developing a crossborder infrastructure associated with natural gas and power transfers are discussed as part

Dynamics of Human-Environment Interactions

of the general question of how to develop the necessary administrative and regulatory mechanisms to plan and coordinate issues related to energy in the binational region.

The B+20 system dynamics model was originally developed as a tool that would allow stakeholders with specific interests to explore the future environmental and quality of life implications of policy decisions in the U.S.-Mexican border region. As the model took shape, it became apparent that it could also be useful in classroom settings to illustrate principles that apply to a wide variety of urban environments. In Chapter I-6, Sadalla, Ledlow, and Guhathakurta suggest that this model is uniquely suited for teaching concepts from the emerging field of “sustainability science,” and for teaching “systems thinking” in relation to environmental issues. Use of the B+20 model fosters an appreciation of the widespread consequences of changing one part of a dynamic system and promotes an active learning approach to education that has been shown to enhance student involvement, interest, and retention of content.

Section II of this volume presents a case study in which a system dynamics model is developed and applied in Paso del Norte, which includes Doña Ana County, N.M., El Paso County, Tex., and the municipality of Ciudad Juárez, Chih. This case study explains the structure of the system model with chapter-by-chapter, detailed descriptions of the interrelated sectors of this binational community.

In Chapter II-1, Forster outlines the narrative, or story, that underlies the B+20 system model for the Paso del Norte region. This narrative is founded on a historical overview of air basins, watersheds, regional economies, cultural contexts, human health issues, and efforts toward binational cooperation. This chapter provides background and context for the Paso del Norte human-environment system and outlines how various components of the system are dynamically interrelated in the B+20 model. An idealized map of the Paso del Norte system model is presented and discussed in combination with anticipated scenarios for demographic, economic, and environmental futures.

In Chapter II-2, Guhathakurta and Sadalla describe the structure of the quality of life sector included in the B+20 model. They note that at present, the quality of life sector in the model is an “output”

Introduction

or result indicator based on the parameters supplied by other sectors of the same model. The quality of life sector of the model is limited to those aspects of quality of life that have been empirically linked to and derived from the other elements of the B+20 model. The chapter describes the underlying model structure that links health and health costs (as components of quality of life) to water supply, water contaminants, and air quality.

Demographic change is one of the two most potent drivers (the other being economy) in the B+20 model. Demographic changes in a region have widespread, well-documented effects on other environmental components and on quality of life. In Chapter II-3, Peach provides a historical description of population growth and demographic change in El Paso and Ciudad Juárez. The chapter analyzes various methods of population projection and describes the B+20 population model.

In Chapter II-4, Erickson begins a discussion of the economic sector of the model with the assertion that “any model that seeks to explain the interaction between human populations and the environment must take into account economic activity. For a given population, the level of economic development will determine the impact of human activity on the environment.” The B+20 model supports this assertion in that economic changes are seen to have widespread impacts on all other model sectors. In this chapter, Erickson discusses the economy of the Paso del Norte region and its relationship to national economies, business cycles, and the development of the maquiladora industry. Assumptions underpinning the basic structure of the economic sector are specified.

Paso del Norte is an arid region with little rainfall and high evaporation rates. In Chapter II-5, Forster and Hamlyn describe water availability and water use in the region. The chapter describes the specific ways in which water is obtained from the hydrologic system and used in urban and agricultural activities that, in turn, affect the quality of life in Paso del Norte. Modeling the hydrologic system in relation to other environmental components aids in understanding the complexity of this resource base and allows the evaluation of alternative development scenarios.

Dynamics of Human-Environment Interactions

The U.S.-Mexican border region consists of an environment with a shared airshed, shared watersheds, and shared natural resources that are managed by two different governmental and legal systems. In Chapter II-6, Peña and Fuentes analyze the legal and constitutional framework of land use planning in the United States and Mexico by examining the role and function of each level of government. The chapter also focuses on water management schemes in both countries. Understanding the water rights system is necessary to identify the obstacles to sustainable water and land use policies for the border that would enhance the quality of life of border residents. The chapter also includes a discussion of possible alternative water management strategies in a binational region.

In the Paso del Norte air basin, airborne pollutants emitted from each city mix with emissions from surrounding non-urban land and circulate within a complex transborder air basin. In Chapter II-7, Quintero Núñez and Forster describe the attempt to model the effects of future air quality conditions on economic activity, human health, and quality of life in Paso del Norte. Current physical and socioeconomic conditions in the region are described, as are air quality standards, monitoring, and exceedences. The chapter includes a discussion of potential future methods of managing the shared airshed in the region.

Many people had a hand in developing this project. Craig Forster was the project leader during its four-year duration and had the task of keeping the project members organized, goal directed, and productive. He was also responsible for integrating the model sectors provided by individual teams into a coherent functioning model. In addition to the team members who have authored chapters in this volume, B+20 relied on the expertise of a number of consultants who expended considerable time and energy on different components of the project. Bill Grant of Texas A&M University advised group members on modeling assumptions and effective modeling procedures. Valuable conceptual and methodological input was provided during team meetings by Phil Emmi of University of Utah, Christopher Brown of New Mexico State University, Jim Williams of New Mexico State University, Ed Baldson of San Diego State

Introduction

University, Hector Arriola of Universidad Autónoma de Baja California, Mike Kjelland of Texas A&M University, and Carlos Rincón of Environmental Defense in El Paso.

The modeling team is also indebted to stakeholders and community organizations that provided input and constructive advice concerning the form of the final product. Tarla Rai Peterson and Rebecca Royer from the University of Utah facilitated team meetings and helped manage the complex social dynamics that occurred when professionals from different academic disciplines were forced to confront and try to understand the perspectives, theoretical orientations, and goals of their colleagues. For the duration of the project, D. Rick Van Schoik, as the Managing Director at SCERP, provided both short-term guidance and a long-range perspective concerning the ultimate goals and potential utility of B+20.

Additional SCERP staff who participated in the publication of this volume include Gabriela Carrillo, Assistant Managing Director, who provided Spanish translations, and SCERP's Managing Editor, Amy Conner, who edited and coordinated production. Universities that participate in B+20 include University of Utah, San Diego State University, Arizona State University, New Mexico State University, Texas A&M University, University of Texas at El Paso, Universidad Autónoma de Baja California, and Colegio de la Frontera Norte.

Introducción

Este volumen reporta los resultados de un proyecto de investigación dirigida de un Consorcio de Investigación y Política Ambiental del Suroeste (CIPAS), conocida como Proyecto Frontera Más Veinte Años (F+20). Este proyecto multi-disciplinario y multi-institucional fue diseñado para producir un sistema de modelo de dinámicas basado empíricamente en el medio ambiente de la frontera de México-Estados Unidos, el cual pudiera ser utilizado para guiar la planeación y la toma de decisiones. El objetivo principal para este proyecto se deriva de la visión generada en 1999 en el primer Instituto Fronterizo convocado por el CIPAS: Ayudar a los tomadores de decisiones de la franja fronteriza a encontrar y preservar una calidad de vida satisfactoria para todos sus residentes y un medio ambiente sustentable y saludable. En este orden de ideas, F+20 fue diseñado para construir un esquema de trabajo de un sistema de dinámicas basado en programas computacionales para explorar futuras condiciones a lo largo de la frontera México-Estados Unidos en una serie de futuros alternativos de 20 años (de allí el número “20” en el proyecto F+20).

En adición a una frontera internacional, México y los Estados Unidos comparten cuencas de aire, cuencas de agua, fuentes de energía, comunidades metropolitanas, vínculos económicos y relaciones de transporte. La relación entre humanos y el medio ambiente en la región fronteriza está influenciada de factores locales fuera de la región. Algunas de las influencias externas incluyen las economías nacionales de México y los Estados Unidos, y las leyes y estructuras reglamentarias generadas por los gobiernos nacionales respectivos.

Después de un esfuerzo de cuatro años, F+20 ha creado un modelo de sistema de dinámicas que puede ser usado como una herramienta de apoyo a decisiones para evaluar las consecuencias de cursos de acción diferentes en la región fronteriza. El modelo de sistema de dinámicas cuantifica las relaciones entre diferentes componentes del comportamiento humano y del medio ambiente. El

modelo incluye los siguientes componentes: población, economía, energía, calidad del aire, suministro y calidad de agua, uso de suelo, y calidad de vida humana. El modelo une a cada factor ambiental y proporciona lazos de retroalimentación para que los efectos generales del cambio de cualquier componente de cualquier factor puedan ser evaluados. Debido a que el modelo puede proyectar alternativas de futuros, permite a los tomadores de decisiones preguntarse “que si” y evaluar las consecuencias potenciales de diferentes opciones de políticas.

Este volumen comprende dos secciones. La Sección I delimita los fundamentos teóricos y empíricos usados para desarrollar el modelo de sistema de dinámicas para diferentes ubicaciones geográficas a lo largo de la frontera México-Estados Unidos. Esta sección explica el enfoque del modelado de sistemas de pensamiento con referencias específicas a condiciones afectando las interacciones humano-ambientales en la región fronteriza. Adicionalmente, la Sección I proporciona una información a escala-fronteriza sobre cómo evaluar y modelar los temas de la calidad de vida, de esquemas de trabajo institucionales y de consideraciones de energía.

En el Capítulo I-1, Forster y Cleveland proporcionan una visión general del proyecto F+20. Describen los objetivos del proyecto, las condiciones ambientales generales en la región del Paso del Norte, y la lógica de usar un enfoque de sistema de dinámicas. Este capítulo también proporciona los antecedentes necesarios para entender los íconos y suposiciones aplicados en el programa objetivo-orientado y disponible comercialmente de STELLA[®], que fue usado para crear el sistema de modelo de dinámicas real.

F+20 está basado en la suposición validada que el cambio en un componente de un sistema ambiental producirá cambios generales en otras partes del sistema. Un sistema ambiental también incluye a los humanos que viven en la región ya que los humanos reaccionan a los cambios ambientales, y a través de su actividad, causan cambios ambientales. Dos de los elementos más potentes en el modelo F+20—la economía y la demografía—son esencialmente modelos de conducta humana. En el Capítulo I-2 Sadalla, Guhathakurta, y Ledlow discuten los efectos de los cambios ambientales en la calidad de vida humana y en el buen estado humano. Este capítulo discute los problemas conceptuales y metodológicos involucrados en la

Introducción

operación del concepto de de la calidad de vida, y analiza extensivamente la literatura empírica que une los elementos del medio ambiente (tales como la calidad del aire, calidad del agua, transporte, economía, y tamaño de la población) a la calidad de vida.

En el Capítulo I-3, Pena, Fuentes, y Forster proporcionan una descripción histórica del cambio del uso del suelo en el Paso del Norte. Se proporciona también una descripción histórica del crecimiento de El Paso y Ciudad Juárez. El Paso del Norte es una región que ha sido característica del crecimiento urbano y de desorganización urbana. El proyecto F+20 ha sido diseñado como una herramienta de proyección que permitiría al usuario crear diferentes escenarios de crecimiento urbano por un periodo de tiempo de 20 años, y explorar las consecuencias ambientales y económicas de cada escenario. El modelo de uso del suelo de el Paso del Norte fue diseñado para explorar cómo el proceso económico y de desarrollo provoca la demanda de tierra urbana para propósitos residenciales, industriales, comerciales y de transporte.

Van Schoik, Conner, y Lelea discuten en el Capítulo I-4 temas relacionados con el uso sustentable del agua en la región fronteriza. Debido a su clima árido, la historia de esta región (como en la mayor parte del oeste de los Estados Unidos) involucra una serie de conflictos sobre el agua. En este capítulo, los autores notan que tales conflictos serán agravados por el crecimiento de la población y que las soluciones a los conflictos sobre el agua tendrán efectos generales en la producción de energía, biodiversidad, economías regionales, y en la salud de los residentes. El capítulo proporciona una discusión sensible sobre las complejidades de la administración del agua a lo largo de la frontera y discute los problemas que las instituciones binacionales (tales como la Comisión Internacional de Límites y Aguas, la Comisión de Cooperación Ambiental Fronteriza, y el Banco de Desarrollo de Norte América) han tenido al lidiar con temas actuales de agua. El capítulo concluye con una discusión sobre mecanismos innovadores que pudieran improvisar a largo plazo la administración de este recurso escaso.

Debido al reciente y proyectado crecimiento de la población en la región fronteriza, existe una creciente demanda por fuentes ambientalmente sensibles y sustentables de energía. En el Capítulo I-5, Sweedler, Quintero Núñez, y Collins discuten temas significantes de

energía que confrontan a la región binacional. El capítulo explora el surtido complejo de diferentes estructuras regulatorias en los Estados Unidos y aquéllos evolucionando en México. Los problemas en el desarrollo de una infraestructura transfronteriza asociados con el gas natural y con la transferencia de energía son discutidos como parte de la pregunta general de cómo desarrollar los mecanismos regulatorios ya administrativos necesarios para planear y coordinar temas relacionados con la energía en la región binacional.

El modelo de sistema de dinámicas F+20 originalmente fue desarrollado como una herramienta que permitiría a las personas con intereses específicos explorar futuras implicaciones ambientales y de la calidad de vida de las decisiones de política en la región fronteriza de México-Estados Unidos. Al tomar forma el modelo, fue obvio que también podría ser usado en los salones de clase para ilustrar principios aplicables a una amplia gama de ambientes urbanos. En el Capítulo I-6, Sadalla, Ledlow, y Guhathakurta sugiere que este modelo está especialmente diseñado para la enseñanza de conceptos de áreas emergentes de “ciencia sustentable”, y para la enseñanza de sistemas de pensamiento en relación con los temas ambientales. El uso del modelo F+20 promueve una apreciación de las consecuencias generales de cambiar una parte del sistema de dinámicas y promueve el enfoque de aprendizaje activo a la educación que ha demostrado realzar la participación e interés de los estudiantes así como la retención del contenido.

La Sección II de este volumen presenta un caso en el cual se desarrolla y aplica un modelo de sistema de dinámicas en las ciudades hermanas de la región fronteriza del Paso del Norte, que incluye Las Cruces, N.M., El Paso, Tex., y Ciudad Juárez, Chih. Este caso explica la estructura del modelo de sistema con descripciones detalladas de cada capítulo sobre los sectores interrelacionados de una comunidad binacional de ciudad-hermana.

En el Capítulo II-1, Forster delimita la narrativa o historia que subraya el modelo de sistema de F+20 para la región del Paso del Norte. Esta narrativa está fundamentada en una visión general histórica de cuencas de aire, cuencas de agua, economías regionales, contextos culturales, temas de salud humana, y esfuerzos hacia la cooperación binacional. Este capítulo proporciona un antecedente y contexto para el sistema humano-ambiente del Paso del Norte y

Introducción

delimita como varios componentes del sistema están interrelacionados dinámicamente en el modelo de F+20. Un mapa ideal del modelo de sistema del Paso del Norte se presenta y discute en combinación con escenarios anticipados para futuros demográficos, económicos y ambientales.

En el Capítulo II-2, Guhathakurta y Sadalla describen la estructura del sector de la calidad de vida incluida en el modelo de F+20. Notan que hoy en día, el sector de la calidad de vida en el modelo es un indicador de salida de información basado en los parámetros proporcionados por otros sectores del mismo modelo. El sector de la calidad de vida del modelo está limitado para aquellos aspectos de la calidad de vida que han sido unidos empíricamente a otros elementos del modelo F+20. El capítulo describe la estructura subyacente del modelo que une a la salud y al costo de la salud (como componentes de la calidad de vida) al suministro y contaminantes del agua, y a la calidad del aire.

El cambio demográfico es uno de los dos conductores más potentes (el otro siendo la economía) en el modelo del F+20; los cambios demográficos en una región afectan de manera general y documentada a otros componentes ambientales y a la calidad de vida. En el Capítulo II-3, Peach proporciona una descripción histórica del crecimiento de la población y del cambio demográfico en El Paso y Ciudad Juárez. El capítulo analiza varios métodos de proyección de la población y describe el modelo de población de F+20.

En el Capítulo II-4, Erickson comienza una discusión del sector económico del modelo afirmando que “cualquier modelo que busca explicar la interacción entre la población humana y el medio ambiente debe tomar en cuenta la actividad económica. Para cualquier población, el nivel de desarrollo económico determinará el impacto de la actividad humana en el medio ambiente. “El modelo F+20 apoya esta afirmación en cuanto que los cambios económicos han generado impactos generales en los demás sectores del modelo. En este capítulo, Erickson discute la economía de la región del Paso del Norte y su relación con las economías nacionales, ciclos de negocios, y el desarrollo de la industria de la maquiladora. De igual manera se especifican las suposiciones que apoyan la estructura básica del sector económico.

El Paso del Norte es una región árida con poca lluvia y alto índice de evaporación. En el Capítulo II-5, Forster y Hamlyn describen la disponibilidad y uso del agua en la región. El capítulo describe las formas específicas de obtención del agua a través de sistemas hidrológicos y la manera en que es usada en actividades urbanas y agrícolas que a su vez, afectan la calidad de vida en el Paso del Norte. Modelar el sistema hidrológico en relación con otros componentes ambientales, ayuda a entender la complejidad de esta base de recurso y permite la evaluación de escenarios de desarrollo alternativos.

La región fronteriza México-Estados Unidos consiste de un medio ambiente comunal con una cuenca de aire, cuenca de agua, y recursos naturales compartidos que son administrados por dos diferentes sistemas legales y gubernamentales. En el Capítulo II-6, Pena y Fuentes analizan el marco legal y constitucional de la planeación del uso de suelo de México y los Estados Unidos al examinar el papel y función de cada nivel de gobierno. El capítulo también se enfoca en esquemas de administración del agua en ambos países. Es necesario entender marco jurídico del agua para poder identificar los obstáculos del agua sustentable y de las políticas de uso de suelo para la frontera que pudiera realzar la calidad de vida de los residentes fronterizos. El capítulo también incluye una discusión de posibles alternativas de estrategias de administración del agua en una región binacional.

En la cuenca de aire del Paso del Norte, los contaminantes aerotransportados fueron emitidos por cada mezcla de ciudades con emisiones de tierras vecinas no urbanas y circulan dentro de una cuenca de aire transfronteriza compleja. En el Capítulo II-7, Quintero Nuñez y Forster describen el intento de modelar los efectos de futuras condiciones de la calidad del aire sobre la actividad económica, salud humana, y sobre la calidad de vida del Paso del Norte. Se describen condiciones físicas y socioeconómicas actuales en la región, así como también se describen los estándares de la calidad del aire, el monitoreo y los excesos. El Capítulo incluye una discusión de futuros métodos potenciales de administración de la cuenca de aire compartida de la región.

Introducción

Muchas personas han contribuido al desarrollo de este proyecto. Craig Forster fue el líder del proyecto durante sus cuatro años de duración y tuvo la tarea de mantener a los miembros del proyecto organizados, productivos y orientados al objetivo. También fue responsable de integrar los sectores del modelo coherente y funcional. En adición a los miembros del grupo que han sido autores de Capítulos en este volumen, F+20 se apoyó en la experiencia de un número de consultores que aportaron tiempo y energía considerable en diferentes componentes del proyecto. El Bill Grant de Texas A&M University asesoró a miembros del grupo en suposiciones de modelado y procedimientos de modelado efectivo. Información valiosa y conceptual fue proporcionada durante las reuniones de trabajo por el Phil Emmi de la Universidad de Utah, el Jim Williams de la Universidad Estatal de Nuevo Mexico, el Ed Baldson de la Universidad Estatal de San Diego, el Héctor Arriola de la Universidad Autónoma de Baja California, el Mike Kjelland de Texas A&M University, y el Carlos Rincón de la Defensa Ambiental en El Paso.

El grupo de modelado también está endeudado con las personas interesadas y organizaciones comunitarias que proporcionaron información y asesoría constructiva en torno a la forma del producto final. La Tarla Rai Peterson y Rebecca Royer de la Universidad de Utah facilitaron las reuniones de trabajo y ayudaron a administrar las dinámicas sociales complejas que ocurrieron cuando profesionales de diversas disciplinas académicas fueron forzados a confrontar y tratar de entender las perspectivas, orientaciones teóricas, y los objetivos de sus colegas. Por la duración del proyecto, D. Rick Van Schoik, como Director del CIPAS, proporcionó orientación en un corto plazo y perspectiva amplia en torno a los objetivos primordiales y en la publicación de este volumen.

Otro personal del CIPAS que participó en la publicación de este volumen incluye a Gabriela Carrillo, Subdirectora del Consorcio, quien proporcionó traducciones al español, y la Directora de Edición, Amy Conner, quien editó y coordinó la producción.

Entre las universidades que participaron en F+20 se incluyen la Universidad de Utah, la Universidad Estatal de San Diego, la Universidad Estatal de Arizona, la Universidad Estatal de Nuevo

Dynamics of Human-Environment Interactions

Mexico, Texas A&M University, la Universidad de Texas en El Paso, la Universidad Autónoma de Baja California, y el Colegio de la Frontera Norte.