

Percepción de vulnerabilidad en los actores clave para Veracruz de Ignacio de la Llave ante el cambio y variabilidad climáticos: una aproximación

Carolina A. Ochoa-Martínez, Cecilia Conde-Álvarez, Carlos M. Welsh-Rodríguez, Gladis Yañez-Garrido y Marco A. Morales-Martínez

El sistema hidrológico Esperanza-Oriental y su impacto sobre el acuífero de Tecamachalco, Puebla, México

Ismael del Carmen Sandoval-Montes, José Alfredo Ramos Leal y Janete Morán Ramírez

Food-Demand Analysis in Mexico: A Social Program's Effects on Dairy Products Expenditure

David Magaña Lemus

Generación de escenario de potencial de contaminación en el acuífero Silao-Romita, en Guanajuato

Saúl Edén Córdova De la Cruz y José de Jesús Esparza Claudio

¿Por qué crece la información?

Reseña

Rodrigo Negrete Prieto



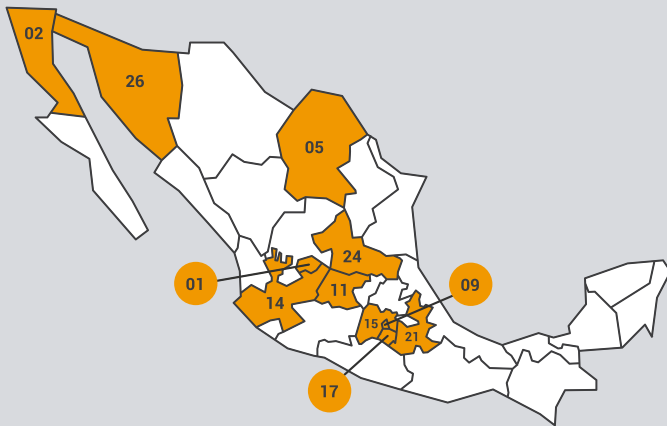
Automóviles y camionetas en México



En México, a 2013, había:

21 establecimientos dedicados a fabricar este tipo de vehículos, con una plantilla laboral de **57 484 trabajadores**.
90% de la producción se concentró en ocho establecimientos.

Personal ocupado en la fabricación de automóviles y camionetas, 2013



Entidad federativa

Personas ocupadas

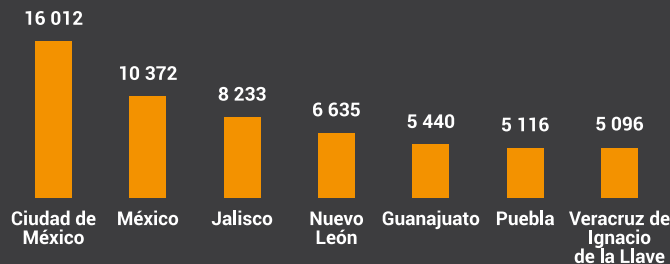
%

21 Puebla	15 187	26.4
11 Guanajuato	7 863	13.7
01 Aguascalientes	7 047	12.2
15 México	5 297	9.2
26 Sonora	5 073	8.8
17 Morelos	4 471	7.8
09 Ciudad de México	3 490	6.1
05 Coahuila de Zaragoza	3 257	5.7
24 San Luis Potosí	2 481	4.3
14 Jalisco	2 360	4.1
02 Baja California	958	1.7

2 533 comercios de venta al público de autos nuevos.

212 529 establecimientos dedicados a los servicios de reparación y mantenimiento de automóviles y camiones, donde trabajaban **490 106 personas**.

Personal ocupado en el comercio de automóviles y camionetas nuevos según principales entidades, 2013 (absolutos)



Fuente: INEGI. Censos Económicos 2014.

Contenido

Percepción de vulnerabilidad en los actores clave para Veracruz de Ignacio de la Llave ante el cambio y variabilidad climáticos: una aproximación	4
Carolina A. Ochoa-Martínez, Cecilia Conde-Álvarez, Carlos M. Welsh-Rodríguez, Gladis Yañez-Garrido y Marco A. Morales-Martínez	
El sistema hidrológico Esperanza-Oriental y su impacto sobre el acuífero de Tecamachalco, Puebla, México	14
Ismael del Carmen Sandoval-Montes, José Alfredo Ramos Leal y Janete Morán Ramírez	
Food-Demand Analysis in Mexico: A Social Program's Effects on Dairy Products Expenditure	26
David Magaña Lemus	
Generación de escenario de potencial de contaminación en el acuífero Silao-Romita, en Guanajuato	40
Saúl Edén Córdova De la Cruz y José de Jesús Esparza Claudio	
¿Por qué crece la información?	57
Reseña Rodrigo Negrete Prieto	
Colaboran en este número	62



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

Presidente del Instituto

Julio Alfonso Santaella Castell

Vicepresidentes

Enrique de Alba Guerra

Mario Palma Rojo

Rolando Ocampo Alcántar

Félix Vélez Fernández Varela

Dirección General de Estadísticas Sociodemográficas

Miguel Juan Cervera Flores

Dirección General de Estadísticas de Gobierno, Seguridad Pública y Justicia

Adrián Franco Barrios

Dirección General de Estadísticas Económicas

José Arturo Blancas Espejo

Dirección General de Geografía y Medio Ambiente

Carlos Agustín Guerrero Elemen

Dirección General de Integración, Análisis e Investigación

Enrique Jesús Ordaz López

Dirección General de Coordinación del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica

Óscar Gasca Brito, encargado del despacho.

Dirección General de Vinculación y Servicio Público de Información

Eduardo Javier Gradica Campos

Dirección General de Administración

Marcos Benerice González Tejeda

Contraloría Interna

Alonso Araoz de la Torre, encargado del despacho.

REALIDAD, DATOS Y ESPACIO. REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

Editor responsable

Enrique Jesús Ordaz López

Editor técnico

Gerardo Leyva Parra

Coordinación editorial

Virginia Abrín Batule y Mercedes Pedrosa Islas

Corrección de estilo

José Pablo Covarrubias Ordiales y Laura Elena López Ortiz

Corrección de textos en inglés

Gerardo Piña

Diseño

Departamento de Diseño Editorial / INEGI

Indizada en: Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal *Latindex Catálogo*; Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades (*CLASE*) y en la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB).

REALIDAD, DATOS Y ESPACIO. REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, Vol. 7, Núm. 2, mayo-agosto 2016, es una publicación cuatrimestral editada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Avenida Héroe de Nacozari Sur 2301, Fraccionamiento Jardines del Parque, 20276, Aguascalientes, Aguascalientes, Aguascalientes, entre la calle INEGI, Avenida del Lago y Avenida Paseo de las Garzas, México. Teléfono 55 52781069. Toda correspondencia deberá dirigirse al correo: rde@inegi.org.mx

Editor responsable: Enrique Jesús Ordaz López. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título Núm. 04-2012-121909394300-102, ISSN Núm. 2007-2961, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido Núm. 15099, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Domicilio de la publicación, imprenta y distribución: Avenida Héroe de Nacozari Sur 2301, Fraccionamiento Jardines del Parque, 20276, Aguascalientes, Aguascalientes, Aguascalientes, entre la calle INEGI, Avenida del Lago y Avenida Paseo de las Garzas, México.

El contenido de los artículos, así como sus títulos y, en su caso, fotografías y gráficos utilizados son responsabilidad del autor, lo cual no refleja necesariamente el criterio editorial institucional. Asimismo, la Revista se reserva el derecho de modificar los títulos de los artículos, previo acuerdo con los autores. La mención de empresas o productos específicos en las páginas de la Revista no implica el respaldo por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Se permite la reproducción total o parcial del material incluido en la Revista, sujeto a citar la fuente. Esta publicación consta de 1 000 ejemplares y se terminó de imprimir en julio del 2016.

Versión electrónica: <http://rde.inegi.org.mx>

ISSN 2395-8537

CONSEJO EDITORIAL

Enrique de Alba Guerra

Presidente del Consejo

Fernando Cortés Cáceres

Profesor Emérito de FLACSO
PUED de la UNAM

Gerardo Bocco Verdinelli

Universidad Nacional Autónoma de México

Ignacio Méndez Ramírez

Universidad Nacional Autónoma de México

Juan Carlos Chávez Martín del Campo

Banco de México

Lidia Bratanova

UNECE Statistical Division

María del Carmen Reyes Guerrero

Centro de Investigación en Geografía y
Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo", AC

José Antonio de la Peña Mena

Centro de Investigación en Matemáticas, AC

Tonatiuh Guillén López

El Colegio de la Frontera Norte, AC

Víctor Manuel Guerrero Guzmán

Instituto Tecnológico Autónomo de México

Walter Radermacher

Statistical Office of the European Communities

Editorial

Hemos visto con beneplácito, a través del tiempo, la cada vez más cercana relación del INEGI con el sector académico, con claros y sólidos beneficios mutuos. En la actualidad, el artículo 79 de la *Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica* contempla la participación relevante de los sectores, como el mencionado, en la realización de diversas tareas para el cumplimiento de los objetivos del propio INEGI y del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.

Entre otros proyectos importantes que el INEGI desarrolla con este sector, y que hoy nos ocupa, es REALIDAD, DATOS Y ESPACIO. REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, en cuya elaboración participa un nutrido grupo de académicos destacados e investigadores que fungen como miembros del Consejo Editorial, autores y dictaminadores.

Iniciamos este número con *Percepción de vulnerabilidad en los actores clave para Veracruz de Ignacio de la Llave ante el cambio y variabilidad climáticos: una aproximación*, el cual es un estudio básico de opinión en actores clave con responsabilidad y capacidad para la toma de decisiones a nivel municipal, que fueron seleccionados al azar de entre los asistentes a la capacitación en torno a temas de cambio climático en el contexto de la realización de los planes municipales de acción climática.

La información geográfica con la que cuenta el INEGI ha permitido realizar investigaciones útiles para la toma de decisiones en temas relacionados con problemas ambientales, por ejemplo, en zonas hidrogeológicas de México, tal es el caso del segundo artículo: *El sistema hidrológico Esperanza-Oriental y su impacto sobre el acuífero de Tecamachalco, Puebla, México*.

En otro orden de ideas, el artículo *Food-Demand Analysis in Mexico: A Social Program's Effects on Dairy Products Expenditure* presenta un análisis, con base en datos demográficos compilados por el INEGI, de la demanda de productos lácteos como principal fuente de calcio para hogares mexicanos de bajos ingresos a nivel desagregado y el impacto que tiene el programa Oportunidades para su adquisición.

Siguiendo con temas de impacto ambiental, presentamos el trabajo *Generación de escenario de potencial de contaminación en el acuífero Silao-Romita, en Guanajuato*. Los resultados de esta investigación sugieren la evaluación mediante modelos matemáticos para determinar las rutas más probables de transporte de los elementos contaminantes que son liberados por la actividad minera de la región.

Para cerrar este número, incluimos *¿Por qué crece la información?*, reseña del libro de César Hidalgo, *Why Information Grows: the Evolution of Order, From Atoms to Economies*.

<http://rde.inegi.org.mx>

Percepción de vulnerabilidad en los actores clave para Veracruz de Ignacio de la Llave ante el cambio y variabilidad climáticos: una aproximación

Vulnerability perception from key actors in Veracruz to face change and climate variability: an approach

Carolina A. Ochoa-Martínez, A. Cecilia Conde-Álvarez, Carlos M. Welsh-Rodríguez, Gladis Yañez-Garrido y Marco A. Morales-Martínez



Watercourse near Tres Zapotes: archaeological site /DEA / ARCHIVO J. LANGE / Colaborador/Getty Images

El cambio climático se ha convertido en una realidad para todos los habitantes del planeta. La incidencia local de sus efectos e impactos deben ser enfrentados desde la misma escala. Por ello, es importante pensarnos como protagonistas en la toma de decisiones con participación dentro de estos cambios en el clima. El tema genera debates morales que requieren de respuestas teóricas acerca de la responsabilidad, la justicia y los derechos que involucra. Vista a través de juicios de valor, equidad, daños y riesgos, resulta indudable que la vulnerabilidad está ampliamente relacionada con la estructura social del país. Con la finalidad de que los sistemas de alerta temprana y de gestión de riesgo ante eventos hidrometeorológicos extremos sean instrumentos de respuesta efectiva, surge la necesidad de conocer la percepción de la vulnerabilidad por parte de los actores clave en Veracruz de Ignacio de la Llave. Esto servirá para mejorar el flujo de información hacia la toma de decisiones y reducir la vulnerabilidad ante los eventos extremos actuales y futuros.

Por lo anterior, se realizó un estudio básico de opinión en actores clave con responsabilidad y con capacidad para la toma de decisiones a nivel municipal, los cuales fueron seleccionados al azar de entre los asistentes a la capacitación en torno a temas de cambio climático en el contexto de la realización de los planes municipales de acción climática.

Palabras clave: percepción; vulnerabilidad; cambio climático; Veracruz de Ignacio de la Llave.

Recibido: 19 de junio de 2015

Aceptado: 11 de diciembre de 2015

1. Introducción

La *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)* y el *Protocolo de Kyoto* son dos tratados que constituyen, hasta el momento, la postura internacional de que se están produciendo modificaciones en el clima y que la causa fundamental son las actividades humanas. Ante las pruebas recopiladas y confirmadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en

Climate change is a new reality for Earth inhabitants. The local impacts and effects must be faced at the same scale. That's why we must be protagonist of the decision making process. The climate change generates moral debates that require responses about justice, responsibilities and rights involved. Thought value judgments, equity, damages and risk, it is indubitable that vulnerability is widely related to the social structure of the country. The early warning system and the risk management on extreme hydro-meteorological events must be consider the effective response, is necessary to explore and know about the vulnerability perception of the key actors in Veracruz de Ignacio de la Llave. This will help to improve the information chain on the decision making process and to reduce vulnerability on future or actual extreme events.

We made a opinions basic study on key actors with local capacity and responsibility on the decision making process. These key actors were random selected on the participants on the climate change workshop to build local actions plan on climate change.

Key words: perception; vulnerability; climate change; Veracruz de Ignacio de la Llave.

inglés), una de las metas principales del *Protocolo* es la reducción global de gases de efecto invernadero (GEI) en 5.2%, teniendo como base el año de 1990. Sin embargo, Estados Unidos de América (EE.UU.), uno de los principales emisores de GEI, no lo ratificó, mientras que Canadá (que en el 2007 aprobó una ley que trazaba sus objetivos frente al *Protocolo de Kyoto*) se retiró del mismo en el 2012 con argumentos de desventaja competitiva, sobre todo con EE.UU. y otras naciones fuera del acuerdo (Nachmany *et al.*, 2014).

América del Norte tiene los primeros antecedentes en materia de legislación en el tema de cambio climático (CC), aunque no así en su implementación y seguimiento. A mediados del 2015, el Senado de EE.UU. aceptó que el CC es real; no obstante, inmediatamente después, los senadores votaron en contra de aceptar que ha sido consecuencia de la *actividad económica* de la humanidad en los siglos XIX y XX, lo cual implicó que no se aprobaran medidas importantes para contrarrestar el cambio global (Sarukhán, 2015).

En este contexto, México se puso a la cabeza de los países de América del Norte con la creación de la primera Comisión Intersecretarial del Cambio Climático en el 2005, que tiene como objetivo coordinar a las dependencias y entidades en la creación e instrumentación de las políticas de regulación de los GEI y adaptación a los efectos del cambio climático (DOF, 2005).

1.1 Contexto federal

México es parte de la CMNUCC desde 1994 y del *Protocolo de Kyoto*, desde el 2000. En el 2012, el Ejecutivo Federal promulgó la *Ley General de Cambio Climático (LGCC)*, que entró en vigor en octubre de ese mismo año, y que tiene por objetivo regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático. En ella se establecen las bases para la creación de instituciones, así como marcos jurídicos y de financiamiento para avanzar hacia una economía baja en carbono (Nachmany *et al.*, 2014). Un año después, en el *Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018* se retomó lo anterior con la intención de fortalecer la política nacional de CC y cuidado al medio ambiente. Como consecuencia, se elaboraron dos instrumentos que actualmente orientan e implementan la política pública en la materia: el primero de ellos, de mediano y largo plazos es la *Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC)* y el segundo, de corto plazo, el *Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2014-2018*.

México reafirmó su compromiso para combatir el CC al presentar su *Contribución prevista y determinada a nivel nacional de México* en el 2015, la cual

tiene dos componentes, uno para la mitigación y otro relacionado con la adaptación. El primero incluye dos tipos de medidas: las no condicionadas (las que el país solventará con recursos propios) y las condicionadas (las que podría llevar a cabo si se establece un nuevo régimen internacional de CC, siempre y cuando el país obtenga recursos adicionales para la transferencia de tecnologías disponibles mediante cooperación internacional). Lo anterior no tiene precedente, ya que es la primera vez que México asume un compromiso internacional no condicionado para realizar acciones de mitigación.

Para el componente de adaptación, la prioridad de estas acciones es proteger a la población de los diversos impactos del CC, como los fenómenos hidrometeorológicos extremos, que se vinculan a los cambios de temperatura del planeta. Al mismo tiempo, se procurará aumentar la resiliencia de la infraestructura estratégica del país y de los ecosistemas que albergan su biodiversidad (INDC, 2015).

El gobierno de México considera que la adaptación al cambio climático es una prioridad para reducir la vulnerabilidad del país. Asimismo, existen oportunidades para impulsar medidas y acciones de mitigación que redunden en un incremento de la capacidad adaptativa de su población y de sus sistemas naturales y productivos. Es importante destacar que dicha contribución refleja el esfuerzo del gobierno de México en encontrar sinergias entre medidas de mitigación y adaptación que, además de contribuir a frenar el calentamiento global, reduzcan la vulnerabilidad social y ecosistémica, promoviendo un desarrollo incluyente en el país (INDC, 2015).

México es el primer país considerado como en *vías de desarrollo* en contar con una LGCC. Como resultado de ello, cuenta con instituciones e instrumentos para la reducción de emisiones de GEI y para aumentar la capacidad adaptativa. Se espera que las acciones en materia de cambio climático se articulen de manera transversal y permanente a través de los programas sectoriales entre las secretarías de Medio Ambiente y Recursos

Naturales (SEMARNAT); Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Salud; Comunicaciones y Transportes; Economía; Turismo; Desarrollo Social; Gobernación; Marina; Energía; Educación Pública; Hacienda y Crédito Público; y de Relaciones Exteriores a través del Consejo de Cambio Climático (artículo 45 de la LGCC).

En el 2008 se creó el programa ONU-REDD¹ (ONU-REDD, 2015) como una herramienta para brindar apoyo en la mejora de capacidades de reducción de emisiones provenientes de la deforestación y degradación de bosques, así como el manejo sostenible de bosques y el aumento en las reservas de carbono en países en vías de desarrollo. México busca contribuir a los objetivos establecidos desde la ONU (CONAFOR, 2015) con la construcción, desde el 2010, de la *Estrategia Nacional REDD+ (ENAREDD+)*, tomando en consideración que el establecimiento de un esquema territorial requerirá de la coordinación de los tres niveles de gobierno y los usuarios de los bosques (ENAREDD+, 2015).

1.2 Contexto estatal

Para febrero del 2015, eran nueve las entidades federativas que contaban con una ley estatal debidamente publicada en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)* y 24 tenían algún tipo de avances en materia de cambio climático. Veracruz de Ignacio de la Llave es el primer estado que contó con la *Ley Estatal de Mitigación y Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático (LEMAECC)*, publicada en noviembre del 2010, que fue reformada el 2 de julio de 2013 para adecuarse a la ley federal correspondiente, que integró a los tres niveles de gobierno y formalizó al Consejo Veracruzano para la Mitigación y Adaptación a los Efectos del Cambio Climático. Este instrumento se derivó del *Programa Veracruzano ante el Cambio Climático* elaborado por la Universidad Veracruzana, el Instituto de Ecología y el Centro de Ciencias de la Atmósfera

de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), entre otros (PVCC, 2008).

El objetivo de la LEMAECC se indica en su artículo primero: "...establecer la concurrencia del Estado y de los Municipios en la formulación e instrumentación de las políticas públicas para la adaptación al cambio climático, la mitigación de sus efectos adversos, para proteger a la población y coadyuvar al desarrollo sustentable". En ella se da relevancia a la participación de los municipios en la materia, la base para la elaboración de los programas de acción climática municipal (PACMUN), que son una iniciativa basada en el federalismo y, aunque perfectibles, son innovadores en su campo.

La Secretaría de Medio Ambiente del Estado (SEDEMA), creada en el 2011, es responsable de las políticas de CC para el cumplimiento de lo establecido en el *Plan Veracruzano de Desarrollo 2011-2016*. De acuerdo con él, las metas para la SEDEMA son: a) reducir por lo menos 1.4 millones de toneladas de CO₂ e/año durante el periodo 2012-2016 y b) promover acciones de adaptación de los sistemas naturales, sociales y económicos por medio de estrategias que disminuyan su vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático.

1.3 Contexto municipal en Veracruz de Ignacio de la Llave

Los avances a nivel municipal son aún incipientes. Para el 2013, sólo seis de los 212 municipios en la entidad presentaron sus PACMUN. Con la intención de promover la creación de éstos, el gobierno del estado, la Universidad Veracruzana, el Colegio de Veracruz, el Instituto de Ecología, el ICLEI Gobiernos Locales por la Sustentabilidad y las secretarías de Salud y de Medio Ambiente realizaron el Taller de Inducción a los Programas de Acción Climática Municipal dirigido a 70 municipios; sin embargo, a febrero del 2015 aún no habían sido publicados en las fuentes oficiales los nuevos programas municipales en la materia.

En Veracruz de Ignacio de la Llave se encuentra la primera y única acción de acuerdo formal en-

¹ The United Nations Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries.

tre un municipio y su estado: el H. Ayuntamiento de Xalapa sostiene un convenio de colaboración con el gobierno del estado por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente para la ejecución del proyecto denominado Mitigación del Cambio Climático con el Ahorro de Energía Eléctrica en la Red de Alumbrado Público del Municipio de Xalapa, Veracruz (DOF, 3 de septiembre de 2013). En una revisión de los planes de desarrollo municipal para el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave al 2015 se registraron 64 de ellos que mencionan, por lo menos, una acción referente al cambio climático (CEV, 2015).

2. Veracruz de Ignacio de la Llave y el CC

La entidad es una angosta franja de territorio ligeramente curvada, cuya extensión abarca desde el noreste al sureste del país, sobre la costa del Golfo de México, colindando al Norte con Tamaulipas, al Este con Tabasco y Chiapas, al Sur con Chiapas y Oaxaca y al Oeste con Hidalgo, Puebla y San Luis Potosí. Representa 3.7% de la superficie total de México, con una extensión de 72 815 km² y una franja costera de 684 km formada sobre todo por amplias playas (INEGI, 2012).

De acuerdo con Monterroso *et al.* (2014), Veracruz de Ignacio de la Llave se encuentra dentro de los siete estados más vulnerables al cambio climático, el cual, a su vez, está dividido de la siguiente manera: 59% del territorio tiene vulnerabilidad media; 23.6%, baja; 16.5%, alta y sólo 0.9%, muy alta.

El CC es, por la naturaleza de su importancia, un ámbito de concurrencia entre los tres niveles de gobierno; el estatal ha tenido una participación activa en el trabajo que sustenta al *Programa Veracruzano ante el Cambio Climático* (Tejeda-Martínez *et al.*, 2010), el cual fue publicado en el 2008 y, derivado de éste, en la Secretaría de Protección Civil se creó el Centro Estatal de Estudios del Clima; también, nació la Secretaría de Medio Ambiente y, en ella, la Oficina de Cambio Climático.

A su vez, el estado cuenta con 212 atlas municipales de riesgo, seis PACMUN y 18 agendas sectoriales de cambio climático; sin embargo, de acuerdo con el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Veracruz de Ignacio de la Llave es la entidad con mayor número de declaraciones de desastres en los últimos años, seguida de Nuevo León y Chiapas (CENAPRED, 2015).

De acuerdo con la SEMARNAT (2012), es el estado que más recursos recibió del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) durante el periodo 2004 al 2012, mientras que ocupó el lugar 22 en el mismo lapso del programa del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN). Lo anterior parece mostrar que no existe una relación entre los instrumentos de apoyo para la reconstrucción y los de prevención en las entidades federativas, lo cual, en relación con una política de adaptación planeada, debería cambiar para que aquellas entidades con alta demanda de recursos del FONDEN también utilicen los esquemas de prevención y mitigación de desastres.

3. Percepción de la vulnerabilidad

El cambio climático afecta de manera heterogénea a cada localidad del planeta; el impacto en cada región dependerá sobre todo del grado de vulnerabilidad de los ecosistemas naturales y de la infraestructura humana ante los cambios en el clima y los eventos meteorológicos extremos, así como en la capacidad de respuesta y adaptación a las nuevas condiciones ambientales (Ibarrarán *et al.*, 2010).

Satterthwaite *et al.* (2007) entienden por vulnerabilidad al CC como el potencial de las personas para morir, resultar heridas o dañadas de otra manera por los efectos directos o indirectos del cambio climático, mientras que Ibarrarán *et al.* (2010) mencionan varios estudios de la vulnerabilidad urbana "como el resultado de gobiernos débiles y la pobreza, una situación más frecuente en los países de bajos y medianos ingresos, donde la gente ha limitado los recursos y la infraestructura para resistir un evento causado por el cambio climático"; México

está incluido en el caso más amplio de América Latina y el Caribe. Por otra parte, García (2007, citado por Ibararán *et al.*, 2010) definió a la vulnerabilidad como el “proceso por el cual la población humana y los ecosistemas están sujetos a daño o amenaza debido a factores sociales y biofísicos”.

Por todo lo anterior, y dado el marco normativo y legal, resulta importante entender la percepción de la vulnerabilidad por parte de los actores clave en Veracruz de Ignacio de la Llave. El conocimiento de ésta es básico para mejorar el flujo de información hacia quienes toman decisiones con el fin de poder reducir la vulnerabilidad ante los eventos extremos actuales y futuros (Jones *et al.*, 2014).

Para la obtención de los datos de análisis del presente estudio, se delimitó un universo compuesto por los representantes municipales que asistieron al Primer Taller de Inducción a los PACMUN efectuado el 3 de abril de 2014 (el cual ha sido impartido a cerca de 250 municipios a nivel nacional en el periodo 2013-2015, que representan poco más de 10% del total del país); de los asistentes, fueron encuestados 49, que representan 20% de los municipios nacionales que han participado en el Taller y 70% de los del estado que acudieron a la capacitación. Los talleres en la entidad fueron impartidos por la Universidad Veracruzana, el Colegio de Veracruz, el Instituto de Ecología, ICLEI Gobiernos Locales por la Sustentabilidad, así como las secretarías de Salud y de Medio Ambiente.

Es importante mencionar que el objetivo principal del PACMUN es que los funcionarios municipales obtengan conocimientos sobre las causas y efectos del cambio climático a nivel local, sobre el impacto en los diferentes sectores productivos, así como en la calidad de vida de las poblaciones; además, tiene el propósito de crear capacidades para que a nivel local se comprenda la importancia de quienes toman decisiones para contribuir a la solución de este problema. De forma paralela, busca establecer relaciones estratégicas o alianzas entre los municipios participantes, organismos y asociaciones nacionales e internacionales, así como gobiernos locales a nivel global.

Debido a esto, la encuesta también fue aplicada a 33 funcionarios de dependencias estatales y federales (elegidos al azar entre los que asistieron al Taller) relacionadas con el tema del CC y que tienen que coordinarse en la materia con los municipios (Desarrollo Integral de la Familia, secretarías del Trabajo, de Salud, de Turismo, de Desarrollo y Medio Ambiente, de Finanzas y Planeación, de Seguridad Pública, de Desarrollo Social y de Educación).

La encuesta estuvo compuesta por 33 reactivos con los que se exploró la percepción que tienen dos grupos, los capacitadores —gobiernos estatal y federal, a partir de ahora Grupo Dependencias (GD)— y los capacitados, a partir de ahora Grupo Municipios (GM). Cabe señalar que la aplicación de los cuestionarios se realizó durante la segunda etapa del Taller, cuando los asistentes habían cursado capacitaciones previas y después de las presentaciones de los conceptos generales.

Los resultados reflejan la percepción que tienen ambas muestras, tomando en consideración que la consecución de los objetivos planteados de las políticas públicas se diluyen cuando los conceptos que tienen sobre un fenómeno no son homogéneos entre los interactuantes, lo que dificulta la comunicación e incrementa los costos de su aplicación.

4. Resultados

Muestran que 60% de los encuestados a nivel municipal se encuentra por debajo de los 40 años de edad y que 30% labora en un nivel jerárquico 4 (que representa jefatura de departamento en materia ambiental), mientras que en las dependencias, 27% está en el rango de 41 a 50 años de edad, 36% no contestó y su nivel jerárquico está en el 3 (director de área) con 39 por ciento.

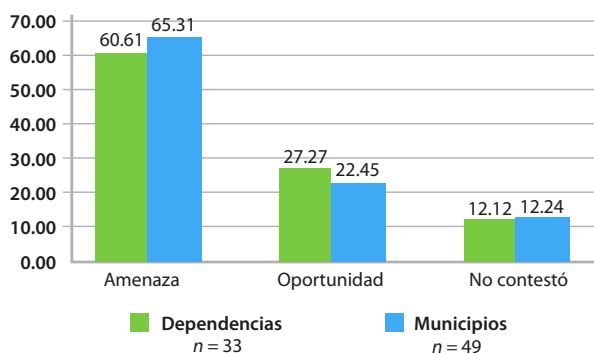
El *Programa Veracruzano ante el Cambio Climático* tiene como propósito fundamental alertar a la sociedad con información confiable que le permita entender el fenómeno y sus posibles consecuencias en el estado, por ello, es importante destacar que 77% de los municipios y 64% de las dependencias entrevista-

das dijeron conocerlo; sin embargo, en ambos casos, más de 50% no contestó a la pregunta *Cite dos acciones dentro del Programa* y más de 80% dijo no conocer el presupuesto de dicho programa y tampoco participó en la consulta pública.

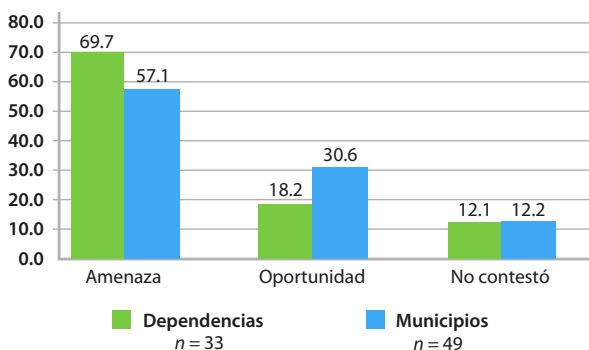
Como ya se mencionó, el Programa se derivó de la LEMAEC, por lo cual se cuestionó sobre el conocimiento de la misma; sólo 55% de los funcionarios de las dependencias y 42% de los municipios dijeron conocerla.

Los resultados muestran que la variabilidad en la precipitación (tanto el incremento como su disminución) son percibidas por la mayoría como una amenaza: GM = 65%, GD = 61% y GM = 57%, GD = 70%, respectivamente (ver gráficas 1 y 2).

Gráfica 1
Porcentaje de respuestas a la pregunta: Un incremento de la precipitación, ¿qué representaría?



Gráfica 2
Porcentaje de respuestas a la pregunta: Una disminución de la precipitación, ¿qué representaría?

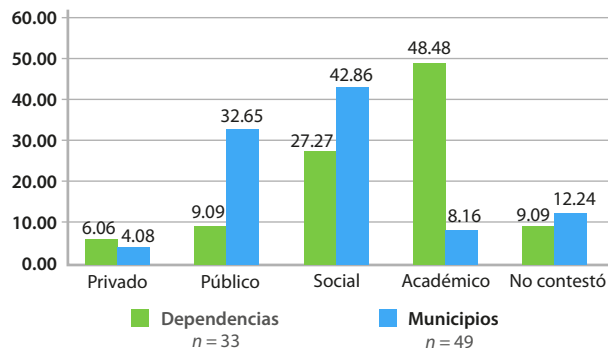


Cabe destacar que los cuestionarios contemplan conceptos básicos para la acción climática municipal. En la respuesta a la pregunta *¿Cuál sector es sensible al cambio climático?* —entendiéndose por *sensibilidad* “el grado que un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio interno, externo o grupo de ellos” (IPCC, 2007), término utilizado por el ICLEI Gobiernos Locales por la Sustentabilidad en los talleres de capacitación— se pueden observar porcentajes diferenciales entre grupos. Las opiniones fueron: para los municipios, el más sensible es el social (43%), seguido por el público (33%) y el académico (8%); para los capacitadores, el sector más sensible es el académico (48%), seguido por el social (27%) y el público (9%). Ambos grupos tuvieron altos porcentajes de respuesta respecto a que el sector social es muy sensible al cambio climático (ver gráfica 3).

La gráfica 4 muestra el resultado respecto a *¿Qué papel debe jugar el sector social?* Ambos grupos opinaron que deben participar en la solución de problemas (GM = 61%, GD = 21%), organizarse en ONG, por ejemplo (GM = 18%, GD = 27%) y modificar sus hábitos de consumo (GM = 6%, GD = 21%).

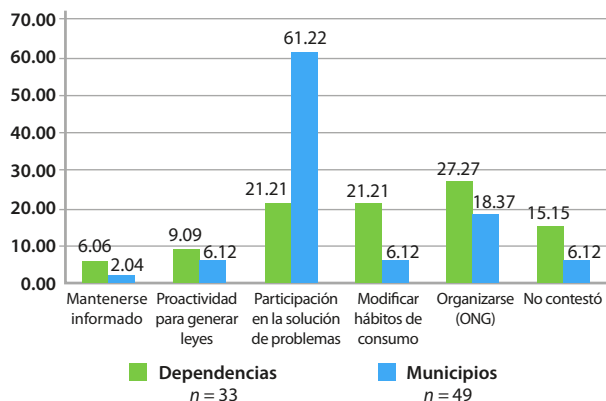
Sobre el rol que debe tener la Academia, las respuestas estuvieron más divididas, sobre todo, en los funcionarios de los ayuntamientos (ver gráfica 5); aun así, se encuentra un mayor porcentaje de opinión respecto a que debe ser generadora (GM = 37%, GD = 58%) y dispersora de conocimientos (GM = 12%, GD = 21%).

Gráfica 3
Porcentaje de respuestas a la pregunta: ¿Cuál sector es sensible al cambio climático?



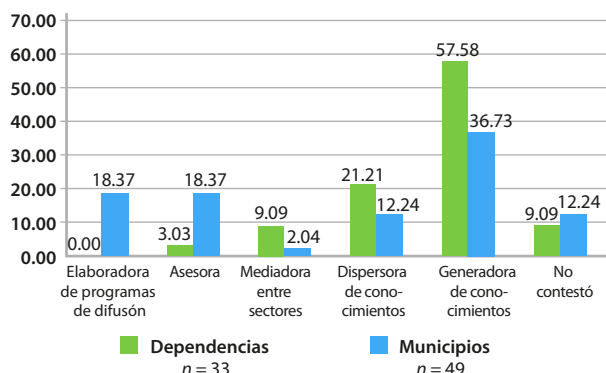
Gráfica 4

Porcentaje de respuestas a la pregunta: ¿Qué papel debe jugar el sector social?



Gráfica 5

Porcentaje de respuestas a la pregunta: ¿Qué papel debe jugar la Academia?



Ambos grupos respondieron en mayor porcentaje que el papel de generador de políticas públicas (GM = 43%, GD = 67%) es responsabilidad del sector público (ver gráfica 6).

Finalmente, la pregunta *¿Qué servicios proporciona su organización con respecto a los eventos extremos de precipitación?* sólo fue aplicada a funcionarios municipales y se encontró que opinaron que, sobre todo, prestan el servicio de coordinación de actividades (20%), seguidos por investigación sobre vulnerabilidad (14%) y elaboración de programas de educación (12%), mientras que 16% no supo o no contestó (ver gráfica 7).

5. Reflexiones finales

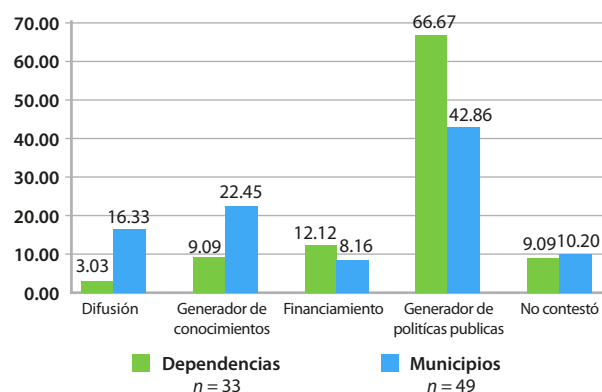
El marco legal y las competencias que de él emergen son elementos suficientes para poder contri-

buir a atender a diferentes escalas el cambio climático; sin embargo, un elemento fundamental de la capacidad adaptativa es conocer el marco legal y saber cómo aplicarlo; en este sentido, es evidente que, aunque las dependencias conocen su función (más de 60% sabe que ellas son las encargadas de la política pública), los gobiernos municipales no tienen claro su papel en el contexto normativo.

Lo anterior es importante en tres áreas que sólo son competencia municipal: 1) la gestión de los residuos sólidos, 2) el uso y cambio de uso del suelo y 3) la gestión del agua, todas vinculadas al cambio climático. Si estas áreas están siendo fortalecidas por un plan local de acción climática bajo el esquema que señala la *Ley*, entonces se podría decir que se fortalece su capacidad adaptativa y se reduce su vulnerabilidad institucional.

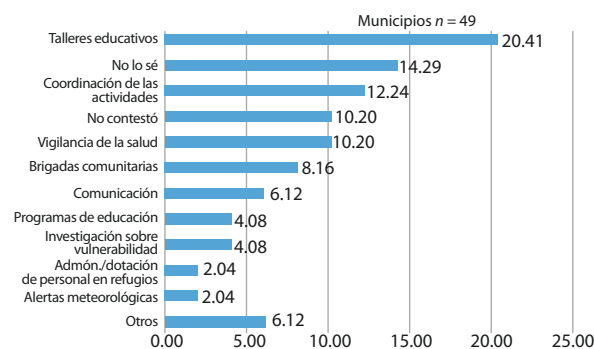
Gráfica 6

Porcentaje de respuestas a la pregunta: ¿Qué papel debe jugar el sector público?



Gráfica 7

Porcentaje de respuestas a la pregunta: ¿Qué servicios proporciona su organización con respecto a los eventos extremos de precipitación?



Uno de los factores que merece la atención de forma poderosa como resultado de este trabajo es el papel que desempeña la Academia como generadora de conocimiento y una aliada estratégica en la toma de decisiones de los funcionarios municipales. Se puede afirmar que es necesario establecer, de manera específica, relaciones de vinculación reales que permitan fortalecer su trabajo. Es probable que lo anterior se deba a la edad de los funcionarios y su preparación académica; esta hipótesis será abordada en un trabajo posterior.

En el pasado, las designaciones de funcionarios de tercer y cuarto niveles quedaban reservadas para quienes habían participado en las campañas electorales y, en algunos casos, correligionarios del municipio en turno, situación que empobrecía la toma de decisiones y, en particular, el desempeño municipal. Parece que esta inercia se rompe (o, por lo menos, se torna más selectiva), dado que estos jóvenes funcionarios tienen claros aspectos fundamentales de su gestión: a) los sectores más sensibles ante los impactos potenciales y b) su papel como funcionario público. Ambas situaciones nos hacen reflexionar en torno a la hipótesis planteada en el párrafo anterior e intentar comprobar que se trata de funcionarios que cubren un perfil (con licenciatura y posgrado) en su área de trabajo.

Finalmente, esta aproximación contribuye a evaluar no sólo la percepción de vulnerabilidad sino la estructura de gestión municipal, además de favorecer la construcción de indicadores que servirán para analizar la capacidad adaptativa institucional en ese mismo contexto.

Ideas para el debate y conclusiones

- De la aplicación del instrumento fue posible observar que el sector privado (generador de empleos, productos y servicios) se cree que es menos sensible a las amenazas del fenómeno; sin embargo, la realidad muestra que si una industria se detiene o es afectada por un evento extremo (por ejemplo, transporte o generación de energía), las pérdidas se con-

tabilizan en varios millones de pesos, por lo que resulta necesario que tanto GD como GM establezcan alianzas para fortalecer el sector que mueve la economía local, regional o nacional.

- Las respuestas relacionadas con sensibilidad por sector muestran que los entrevistados no comprendieron el concepto de sensibilidad según la definición del IPCC, por lo que se sugiere para estudios posteriores replantear el término.
- A nivel local, se observa que la sociedad civil organizada juega un papel muy importante a la hora de encontrar soluciones o enfrentar problemas; sin embargo, para GD dejan su valoración al mismo nivel que una toma de decisiones individual (modificar hábitos de consumo).
- El papel de la Academia como generadora de conocimientos para la toma de decisiones se observa a nivel GD, mientras que a nivel local, además, debe ser asesora en la toma de decisiones, donde quizá esta instancia no ha intervenido con experiencias muy exitosas.
- Es evidente que tanto GM como GD observan en la variabilidad de la precipitación una amenaza, ya sea sequía o inundación; el problema existe, y se reconoce la necesidad de un plan de actuación en ambos extremos.

Fuentes

Ávila A., A. "Éxitos y fracasos de la legislación de cambio climático en América del Norte", en: *Norteamérica*, 7(spe), 2012, pp. 183-192. Consultado en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35502012000300007&lng=es&tlng=es el 24 de febrero de 2015.

CENAPRED. *Base de datos sobre declaratorias de emergencia, desastre y contingencia climatológica. Actualizada a diciembre de 2013*. 2015. Consultado en www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx en febrero del 2015.

_____. *Atlas Nacional de Riesgos*. 2015. Consultado en <http://132.248.68.83/portal/> el 18 de mayo de 2015.

CONAFOR. *ENAREDD+, 2015. Borrador 5 ENAREDD+*. 2015. Consultado en [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/35/6462Estrategia%20Nacional%20para%20REDD_%20\(para%20consulta%20p%C3%ABlica\)%202015.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/35/6462Estrategia%20Nacional%20para%20REDD_%20(para%20consulta%20p%C3%ABlica)%202015.pdf) el 10 de noviembre de 2015.

- _____. *Estrategia Nacional REDD+ (ENAREDD+)*. 2015. Consultado en <http://www.conafor.gob.mx/web/temas-forestales/bycc/redd-en-mexico/estrategia-nacional-redd-enaredd/> el 10 de noviembre de 2015.
- Congreso del Estado de Veracruz. *Planes municipales de desarrollo 2014*. XIII Legislatura H. Congreso del Estado de Veracruz. 2015. Consultados en www.legisver.gob.mx
- “Constitución Política del Estado de Veracruz”, en: *Gaceta Oficial del Estado de Veracruz (GOEV)*. Última reforma publicada el 23 de junio de 2014. Consultada en http://www.legisver.gob.mx/leyes/ConstitucionPDF/CONSTITUCIONPOLITICA_23_06_14.pdf el 23 de febrero de 2015.
- De la Convención, P. D. K. *Marco de Las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Naciones Unidas, 1998, 25, 27.
- Ibarrarán, M. E., E. L. Malone y A. L. Brenkert. *Climate change vulnerability and resilience: current status and trends for Mexico*. *Environment, Development and Sustainability*. 12(3), 2010, pp. 365-388.
- INDC. *Intended Nationally Determined Contribution*. 2015. Consultado en http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/mexico_indc.pdf el 10 de junio de 2015.
- INECC. *Quinta comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012, p. 400. Consultado en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/685.pdf> el 24 de febrero de 2015.
- INEGI. *Perspectiva estadística. Veracruz de Ignacio de la Llave*. 2012. Consultado en http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/español/bvinegi/productos/integración/estd_perspect/ver/Pers-ver.pdf el 20 de octubre de 2015.
- IPCC. “Resumen para responsables de políticas”, en: Parry Martin *et al.* (eds.). *Cambio climático 2007: impactos y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al cuarto Informe de Evaluación del IPCC*. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press, 2007.
- Jones, R. N. *et al.* “Foundations for decision making”, en: Field, C. B. *et al.* (eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 2014, pp. 195-228. Consultado en http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap2_FINAL.pdf el 10 de junio de 2015.
- “Ley General de Cambio Climático”, en: *DOF*. Última reforma publicada el 6 de junio de 2012. Consultada en http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC_161014.pdf el 16 de febrero de 2015.
- “Ley Orgánica del Municipio Libre”, en: *GOEV*. Última reforma 26 de febrero de 2015. Consultada en <http://www.legisver.gob.mx/leyes/LeyesPDF/MPIOLIBRE260814.pdf>
- Monterroso, R. A. *et al.* *Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Programa de Investigación en Cambio Climático. 2014. Consultado en <http://atlasclimatico.unam.mx/VyA> el 10 de octubre de 2015.
- Nachmany, Michal *et al.* *The GLOBE Climate Legislation Study: A Review of Climate Change Legislation in 66 Countries*. Cuarta edición. Reino Unido, GLOBE International and the Grantham Research Institute, London School of Economics, 2014, p. 682. Consultado en <http://www.globeinternational.org/pdfviewer> el 24 de febrero de 2015.
- ONU-REDD. *Estrategia del programa ONU-REDD 2011-2015*. 2015. Consultado en http://www.unredd.net/index.php?view=document&alias=4600-programme-strategy-2011-2015-with-pictures-spanish-4600&category_slug=foundation-documents-88&layout=default&option=com_docman&Itemid=134 el 10 de noviembre de 2015.
- Pflieger, G. “Kyoto Protocol and Beyond”, en: Freedman, B. (ed.). *Global Environmental Change: Handbook of Global Environmental Pollution*. Volume 1. Holanda, Springer, 2014, pp. 517-525.
- Sarukhán, J. “No quieren que ‘les caiga el veinte’...”, en: *El Universal*. Consultado en <http://www.eluniversalmas.com.mx/editoriales/2015/05/76385.php> el 19 de mayo de 2015.
- Satterthwaite, D. *et al.* *Adapting to Climate Change in Urban Areas: The possibilities and constraints in low —and middle— income nations*. *Human Settlements Discussion Paper Series*. 2007.
- Secretaría de Gobernación. “Acuerdo por el que se crea con carácter permanente la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático”, en: *DOF*. 2015. Consultado en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2034062&fecha=25/04/2005 el 26 y 27 de febrero de 2015.
- _____. “Acuerdo por el que se autoriza al H. Ayuntamiento de Xalapa, Ver., a Suscribir Convenio de Colaboración con el Gobierno del Estado por conducto de la Secretaría de Medio Ambiente, para la Ejecución del Proyecto Denominado Mitigación del Cambio Climático con el Ahorro de Energía Eléctrica en la Red de Alumbrado Público del Municipio de Xalapa, Veracruz”, en: *DOF*. 2013. Consultado en <http://www.ordenjuridico.gob.mx/despliegaedo.php?edo=30&mun=si&idPoder=2151> el 5 de noviembre de 2015.
- SEMARNAT. *Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para la toma de decisiones*. México, INECC-SEMARNAT, 2012, p. 121.
- Tejeda A, Antonio *et al.* (comp.). *Programa Veracruzano ante el Cambio Climático. Versión corregida y aumentada a partir de la consulta pública*. México, Universidad Veracruzana-INECC-Embajada Británica en México-Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, 2009, p. 194. Consultado en http://peccuv.mx/wp-content/uploads/pdf/reportes_investigacion/3%20Programa%20Veracruzano%20ante%20Cambio%20Clim%C3%A1tico.pdf el 24 de febrero de 2015.



El sistema hidrológico Esperanza-Oriental y su impacto sobre el acuífero de Tecamachalco, Puebla, *México*

*The Esperanza-Oriental Hydrological System and its Impact
on Tecamachalco's Aquifer in Puebla State, Mexico*

Ismael del Carmen Sandoval-Montes, José Alfredo Ramos Leal y Janete Morán Ramírez

El sistema hidrológico Esperanza-Oriental se alimenta principalmente de los deshielos de los volcanes Pico de Orizaba y La Malinche, que se traducen en la disponibilidad de agua subterránea para el valle de Esperanza, con su consecuente aporte al valle de Tehuacán y la formación de cuerpos de agua superficiales en el valle Del Oriental (lagos de Totolcingo y Tepeyahualco). Estos valles han reducido sus áreas de captación y disponibilidad, así como la presencia de un gran número de lagos-cráter (axalapazcos), donde se observan los niveles estáticos del agua subterránea en la zona (algunos de ellos presentan descensos importantes); ambos sistemas alimentan al acuífero de Tecamachalco, que ha disminuido su disponibilidad de agua subterránea. Con base en un sistema de información geográfica, levantado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, se identificaron las cargas hidráulicas que dan origen a los flujos subterráneos que alimentan el acuífero de Tecamachalco, así como la evolución fisicoquímica que presenta el agua subterránea, identificada mediante diagramas de Mifflin (1988), Gibbs (1970), Piper (1953), Durov (1948) y relaciones iónicas, lo que ayudó a delinear los patrones de flujos para conocer la dependencia de este acuífero con el sistema Esperanza-Oriental.

Palabras clave: acuífero; axalapazcos; hidrogeoquímica; diagrama.

Introducción

La zona de Tecamachalco se ubica al oriente del estado de Puebla, en la parte central de la República Mexicana (ver mapa 1), donde la actividad principal de sus habitantes es la agricultura, que se sustenta debido al agua que llega de la presa Manuel Ávila Camacho, conocida también como Valsequillo (207 Mm³/año, SEMARNAT, 2009) y la que se extrae del subsuelo por medio de pozos profundos (343 Mm³/año, SEMARNAT, 2009), los cuales han visto reducido de manera considerable sus gastos de extracción, lo que ha obligado a su restitución y, por consiguiente, llevados a mayor profundidad; sin embargo, el impacto que se le ha propiciado al

Nota: se agradece a los árbitros anónimos quienes, con sus comentarios, ayudaron de manera sustancial a la elaboración del presente trabajo.

The *Esperanza-Oriental* hydrological system is fed mainly by the meltings that take place in *Orizaba* and *La Malinche* volcanoes, which mean availability of groundwater for *Esperanza* valley, with its consequent contribution to *Tehuacan* valley and the formation of surface water-bodies in the *Del Oriental* valley (*Totolcingo* and *Tepeyahualco* lakes), which have reduced their water collecting areas and availability, as well as the presence of a large number of crater-lakes (*axalapazcos*), since static groundwater levels are observed in the area (some of them have significant decreases). Both systems feed *Tecamachalco* aquifer, which has reduced its groundwater availability. Based on a Geographic Information System created by the National Institute of Statistics and Geography, the hydraulic loads that give rise to those underground streams that feed the aquifer *Tecamachalco* were identified as well as the physicochemical evolution present in groundwater. This was identified by Mifflin (1988), Gibbs (1970), Piper (1953), and Durov diagrams (1948), together with ionic relations, which helped to delineate those flow patterns that determine to what extent this aquifer is dependent on *Esperanza-Oriental* hydrological system.

Key words: aquifer; *axalapazcos*; hydrochemical; diagram.

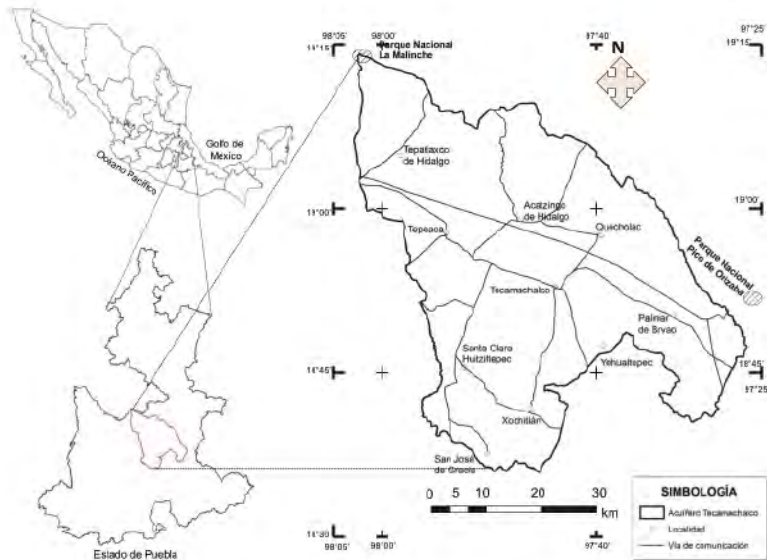
Recibido: 29 de mayo de 2015

Aceptado: 30 de marzo de 2016

acuífero granular no se ha podido detener, por el contrario, este problema se ha agudizado en los últimos años, no sólo por los gastos de extracción, sino que su calidad se ha visto alterada debido a la infiltración de aguas superficiales con menor calidad fisicoquímica (Domínguez, 2005).

Mediante un sistema de información geográfica (SIG), levantado en el 2011 y publicado en el 2012 por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se identificó la probable interrelación que existe entre el acuífero de Tecamachalco y el sistema hidrológico Esperanza-Oriental, que son alimentados por el deshielo de los volcanes Pico de Orizaba (ubicado al oriente) y La Malinche (al po-

Mapa 1
Localización del acuífero de Tecamachalco, Puebla, México



Fuente: INEGI, 2012.

niente), así como los posibles efectos que se le están ocasionando al acuífero debido a la infiltración de aguas residuales de menor calidad fisicoquímica, lo cual fue identificado mediante el uso de métodos geoestadísticos, que permiten identificar (con técnicas predictivas) el comportamiento de las variables en el espacio y que se confirmó con

el cálculo e interpretación de algunas relaciones iónicas y diagramas.

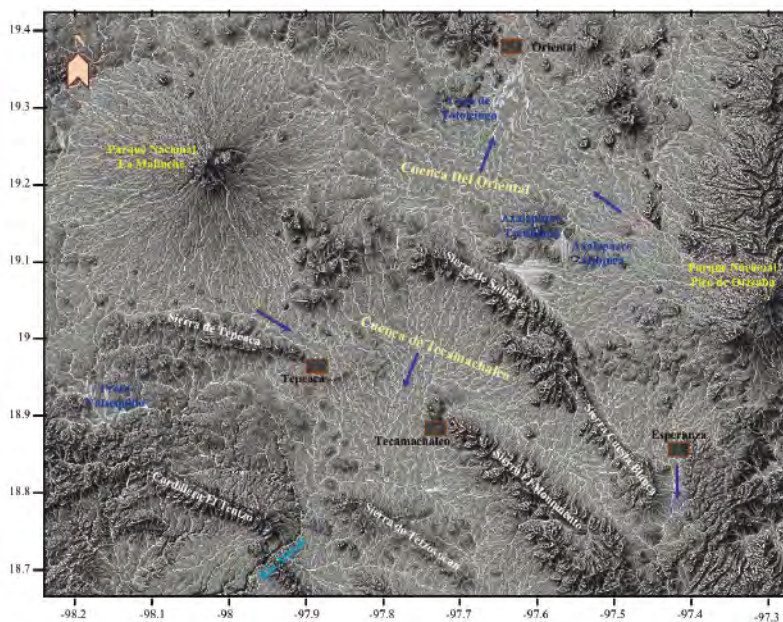
Geología del área

La zona de estudio se encuentra inmersa en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, caracterizada por una serie de sierras, lomeríos y cuencas formadas por la presencia de lava, brechas y ceniza volcánicas; el sistema de topofomas lo constituyen llanuras aluviales con lomeríos, estrato-volcanes y mesetas volcánicas escalonadas; morfológicamente, el valle de Esperanza es una cuenca exorreica con salida hacia el Sur (valle de Tehuacán); la cuenca

Del Oriental es de tipo endorreica, que da origen a una serie de cuerpos de agua superficiales, como los lagos de Totolcingo y Tepeyahualco, con pendiente descendente hacia el Norte; la zona de Tecamachalco es una meseta escalonada debido a la diferencia de elevaciones con los dos valles, la cuenca que se forma es de tipo exorreica, con sali-

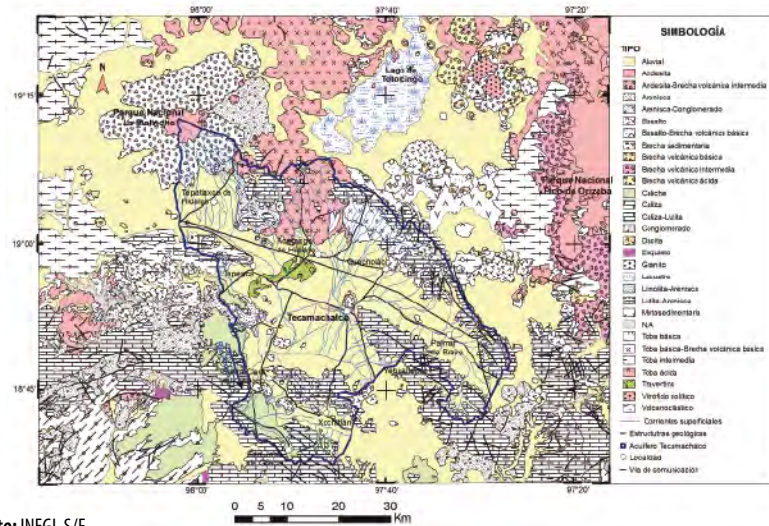
Imagen 1

Principales rasgos geomorfológicos presentes en las cuencas Del Oriental, Esperanza y Tecamachalco, en Puebla, México



Fuente: INEGI, 2016.

Geología y red hidrográfica en el acuífero de Tecamachalco, Puebla, México



Fuente: INEGI, S/F.

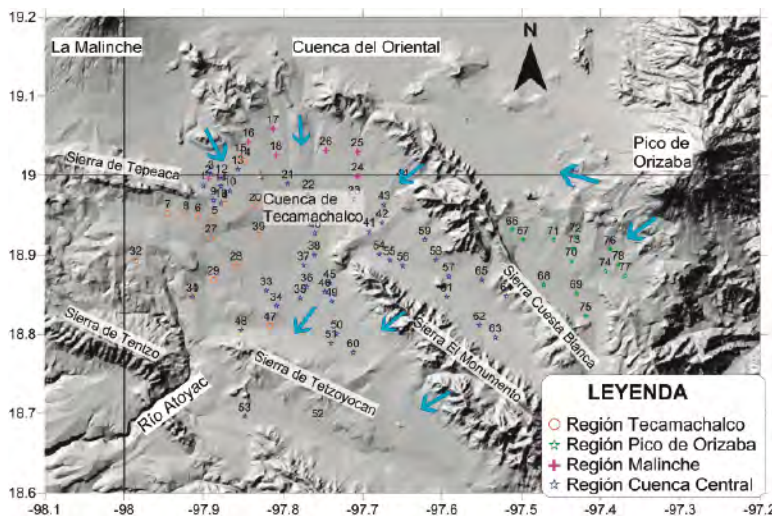
da natural hacia el Sur, al río Atoyac (ver imagen 1), donde descarga también el sistema subterráneo a través de algunos manantiales (Domínguez, 2005).

Las rocas que forman la columna estratigráfica del área de estudio (ver mapa 2) son sedimentarias del Cretácico Inferior de la Formación Orizaba, constituidas por calizas arrecifales con espesores de mil y hasta probablemente 3 mil m, que pudieran formar parte del acuífero inferior; del Cretácico

Superior han sido catalogadas algunas calizas prearrecifales y calizas-lutitas; rocas del Terciario Inferior están representadas por areniscas, conglomerados, andesitas, basaltos, brechas volcánicas y sedimentos volcanoclásticos; del Cuaternario se presenta una gran variedad de rocas asociadas a la formación del Eje Neovolcánico, como: basaltos, brechas volcánicas, tobas, conglomerados, caliche y travertinos, aunque el de mayor importancia por formar el acuífero más superficial es el aluvial,

Imagen 2

Ubicación de muestras en el acuífero de Tecamachalco, Puebla



Nota: las líneas azules indican las direcciones de los flujos superficiales.
Fuente: INEGI, 2016.

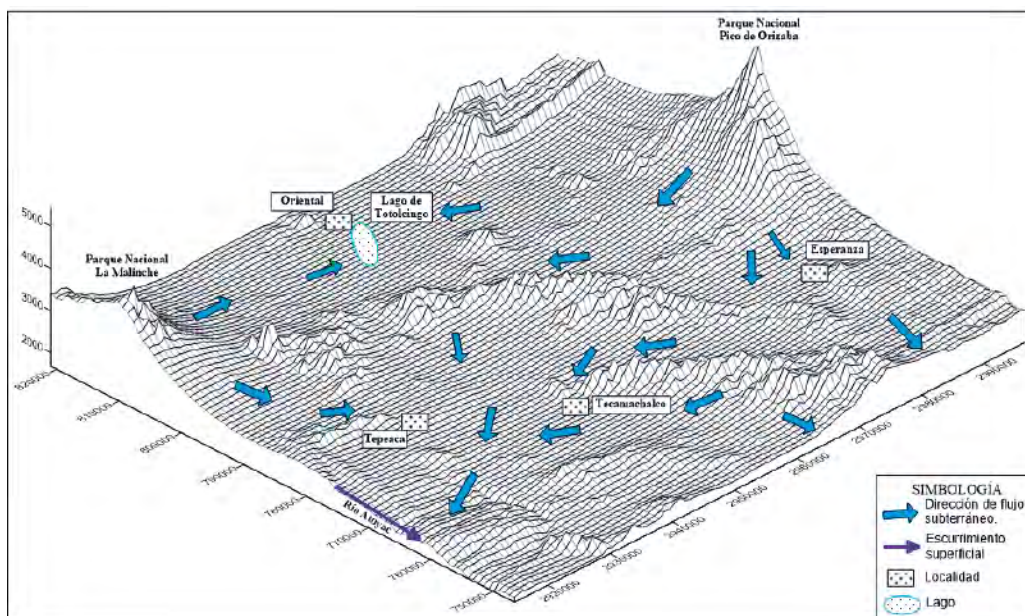
donde se encuentran alojados la mayor cantidad de pozos que extraen el agua del subsuelo, que se asume como un medio de triple porosidad debido al grado de consolidación, la disolución de la matriz calcárea y de las discontinuidades presentes (Domínguez, 2005); infrayace a este material un acuitardo de espesor variable, que es la base del acuífero aluvial y la frontera con el calcáreo profundo.

Metodología y desarrollo del trabajo

Para la realización de esta investigación se llevó a cabo un recorrido por la zona que comprende el acuífero de Tecamachalco (ver imagen 2), en la que

Imagen 3

Identificación de las direcciones de los flujos subterráneos en el sistema hidrológico Esperanza-Oriental-Tecamachalco, Puebla, México



Fuente: INEGI, 2012.

se identificaron y geoposicionaron 67 pozos, de un total de 937 reportados en la zona (SEMARNAT, 2009), a los que se les tomó una muestra de agua directamente de las descargas, preparadas y almacenadas con base en el protocolo de muestreo implementado por el Laboratorio de Análisis de Materiales del INEGI (2010); en campo, a las muestras de agua se les identificó el pH, temperatura y la conductividad eléctrica (CE); en los pozos que no se encontraban trabajando se les midió la profundidad del nivel estático con el fin de poder identificar las direcciones de los flujos subterráneos.

Con base en los resultados de los análisis practicados a las muestras de agua subterránea colectadas en campo, donde se les identificó el contenido de aniones y cationes principales, así como la electroneutralidad de los resultados —y que resultó inferior a 6%, por lo que fueron considerados como aceptables (Hem, 1985)—, se procedió al análisis de la información mediante un manejador de SIG, con el que se configuraron diferentes parámetros fisicoquímicos para identificar e interpretar el comportamiento de las variables en el espacio mediante geoestadística; el método utilizado fue el Kriging (Díaz, 2002).

Resultados y discusión

De acuerdo con las mediciones de los niveles estáticos y la determinación de las elevaciones de los brocales de los pozos, se configuraron las curvas de igual elevación del nivel estático referidas al nivel medio del mar, mediante las cuales se identificaron las zonas con mayor carga hidráulica y, por consiguiente, las direcciones de los flujos subterráneos que se presentan en el sistema (ver imagen 3), en el que se aprecian los aportes que hace el valle de Esperanza hacia la zona de Palmar de Bravo, donde parte de ella se fuga hacia la sierra El Monumento a través de estructuras geológicas o canales de disolución (reflejado en manantiales hasta hace algunos años), a donde llegan como aguas ligeramente frías debido a la velocidad con que éstas se desplazan hacia la zona (Sandoval-Montes, 2011) y alimentan a la parte sur-sureste del valle de Tecamachalco.

Muy importantes resultan los flujos provenientes de la parte norte (valle Del Oriental), por donde probablemente llegaba la mayor carga hidráulica que alimentaba al acuífero de Tecamachalco, en especial antes de los ritmos de explotación subte-

rránea del acuífero Del Oriental y que han ocasionado el descenso en los niveles de los axialapazcos, sobre todo los más cercanos al valle de Tecamachalco, como el de San Miguel Tecuitlapa y Aljojuca en el estado de Puebla.

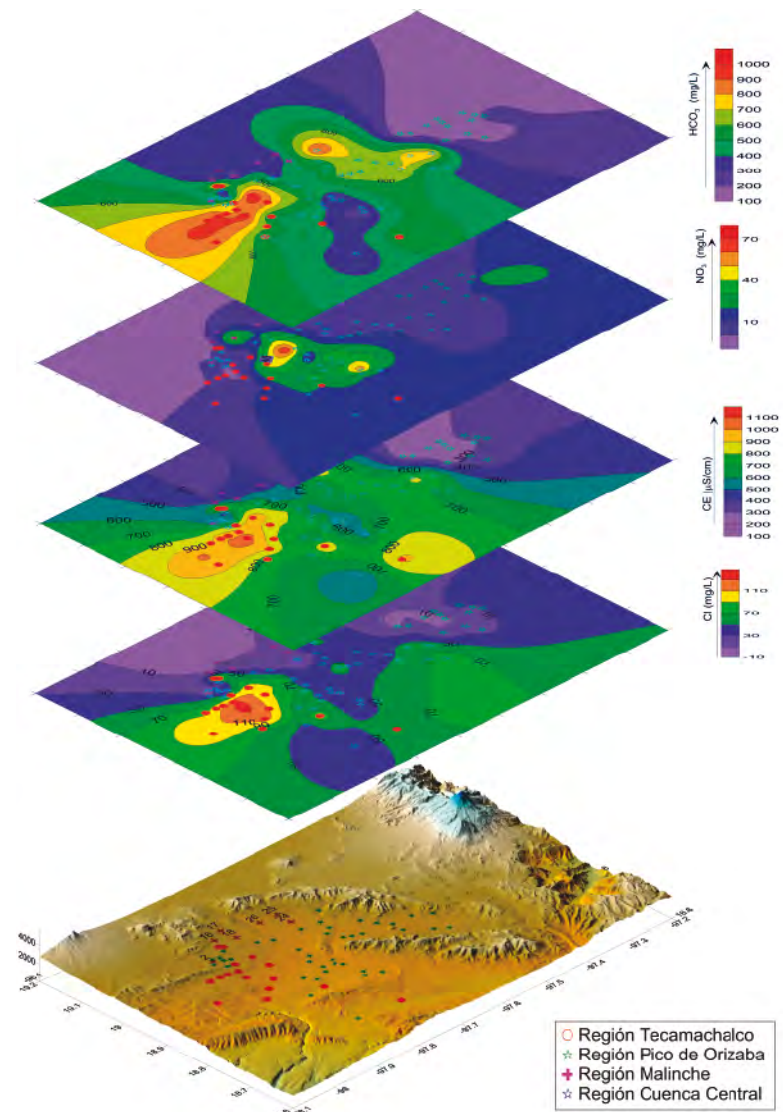
Cabe mencionar que el cuerpo de agua superficial que se forma por el deshielo del volcán La Malinche (lago de Totolcingo) ha disminuido de manera considerable su área de captación debido a los desvíos en los escurrimientos que descienden del volcán y que impiden su llegada al lago, el cual se ha reducido hacia el norte, por lo que, si originalmente contribuía con parte del gasto que se infiltraba hacia el subsuelo, éste se ha visto mermado, pero al parecer continúa contribuyendo con carga hidráulica, como se aprecia en los gráficos de calidad química del agua (ver imagen 4).

Por el lado noroeste, la zona de Tepeaca es alimentada por flujos subterráneos de los deshielos de La Malinche, que son encauzados por la Sierra de Tepeaca hacia el oriente, hasta prácticamente llegar al centro-sur del acuífero de Tecamachalco e incorporarse a los flujos provenientes del norte y descargar el sistema completo hacia el río Atoyac a través de algunos manantiales (ver imagen 4).

La configuración e interpretación de algunos de los parámetros fisicoquímicos —como: HCO_3^- , NO_3^- , CE y Cl^- — (ver imagen 4), muestran que en el valle de Palmar de Bravo se extrae agua con mayor evolución fisicoquímica, indicando que los aportes llegan del Pico de Orizaba. Por el área de Quecholác, al norte-noreste, se identifica una anomalía hidrogeoquímica con una posible conexión con los axialapazcos de Aljojuca y Tecuitlapa, donde la disponibilidad de agua subterránea es buena y la evolución química que presenta la

Imagen 4

Distribución espacial de parámetros fisicoquímicos con base en 67 muestras de agua colectadas en la zona de estudio



Nota: los valores se reportan en mg/l.
Fuente: INEGI, 2012.

zona pudiera ser de origen geogénico, debido a la presencia de rocas sedimentarias de origen calcáreo en contacto con basaltos, por donde se pudiera alimentar el acuífero de la zona a través de algunas estructuras geológicas, sin descartar la posible infiltración de aguas evaporadas de los axialapazcos.

En las zonas de recarga, el contenido de iones en el agua subterránea es baja y, en la medida que ésta circula hacia la zona de descarga, el agua pue-

de disolver más minerales que le aportan iones (interacción agua-roca). El contenido iónico en el agua subterránea afecta de manera directa a la CE, que es la capacidad que tiene el agua de conducir la corriente eléctrica, de tal manera que ésta aumenta de la zona de recarga a la de descarga.

En la zona centro-norte del acuífero de Tecamachalco se definen entradas de flujos de agua subterránea norte-sur, donde las configuraciones de HCO_3^- , CE y el ion Cl^- apoyan en la identificación de las entradas de éstos, lo que pudiera estar relacionado con la infiltración de aguas con presencia de agroquímicos y un enriquecimiento en sodio, aunque las concentraciones del ion Cl^- son bajas y pudiera indicar la infiltración de aguas de reciente precipitación.

Al noreste del área se ubican algunas anomalías hidrogeoquímicas asociadas a rocas de origen sedimentario con presencia de yesos (evaporitas), lo cual las enriquece en sulfatos y carbonatos, sin descartar la influencia que tiene la infiltración de aguas evaporadas de la presa Valsequillo con las que se

riega buena parte de esta zona (Domínguez, 2005), así como la infiltración de aguas residuales que son desalojadas de las plantas de tratamiento¹ a los canales de riego, que son utilizadas aguas abajo para el riego de algunos cultivos.

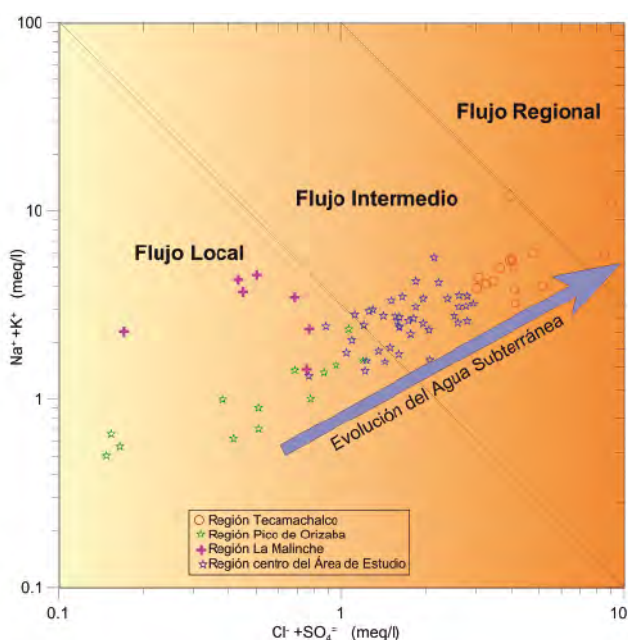
La representación gráfica de la evolución química del agua subterránea con base en diagramas permite identificar su tendencia hacia los miembros extremos, patrones de tendencia o puntos que se aíslan por completo debido a su composición y que son indicativos de algún tipo de anomalía; para su graficado, se utilizaron diagramas de Mifflin, Durov, Piper y Gibbs, en los que se aprecia la evolución del agua subterránea, con algunos puntos que se asocian a fuentes potenciales de contaminación debido a descargas de aguas residuales, como se puede apreciar en la distribución del ion NO_3^- (ver imagen 4).

Las relaciones iónicas son empleadas como apoyo en la identificación de los posibles orígenes de las aguas subterráneas o procesos de mezclas que se presentan en el subsuelo; la relación $\text{Na}^+ + \text{K}^+ \text{ vs. } \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ es propuesta por Mifflin (1988) para identificar la presencia de flujos regionales, así como en la caracterización de algunos procesos evolutivos de origen geogénico o antropogénico, por lo que se empleó en la identificación de éstos para la zona de estudio (ver gráfica 1).

Con base en los resultados de la hidroquímica se identificaron tres tipos de flujos: local, intermedio y regional (ver gráfica 1); como se puede observar, las muestras pertenecientes a los locales se ubican cerca de las zonas de los parques nacionales de La Malinche y el Pico de Orizaba; los intermedios, en la parte interna de la cuenca de Tecamachalco; y las aguas más evolucionadas químicamente o de flujos regionales se ubican al suroeste del área de estudio (ver imagen 4).

En el diagrama de Durov expandido se observan aguas de tipo cálcico-bicarbonatadas, un grupo cálcico-sódico-bicarbonatada, un grupo menor só-

Gráfica 1
Relaciones iónicas $\text{Na}^+ + \text{K}^+ \text{ vs. } \text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$ utilizadas en la identificación de flujos locales, intermedios y regionales

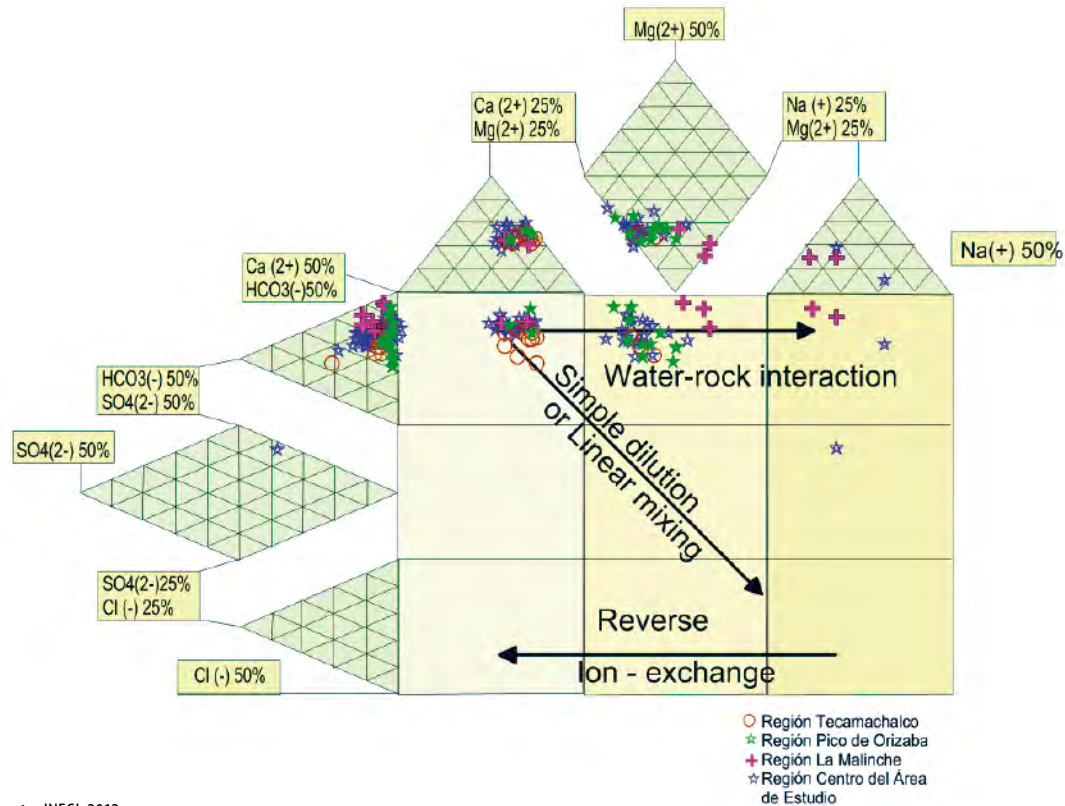


Fuente: Mifflin, 1988, con datos del INEGI, 2012.

¹ Cabe mencionar que durante el recorrido de campo se encontraban fuera de servicio las plantas de tratamiento de aguas residuales de Tepeaca y Tecamachalco.

Figura 1

Diagrama de Durov donde se indican algunos procesos hidrogeoquímicos que presentan las muestras de agua subterránea del acuífero de Tecamachalco, Puebla



Fuente: INEGI, 2012.

dica-bicarbonatada y sólo una muestra se clasificó como sódica-sulfatada, que se define como el agua más evolucionada del sistema (ver figura 1). En este diagrama también es posible reconocer procesos de interacción agua-roca y, en algunos casos, intercambio iónico, sobre todo en las muestras procedentes de las regiones de La Malinche y el Pico de Orizaba. El grupo cálcico-bicarbonatado, ubicado en la zona de Tecamachalco, muestra procesos de mezclas de aguas, identificada mediante la evolución química que presentan.

En el diagrama de Piper se identifican las familias que predominan, como la cálcica-bicarbonatada y las mixtas; también se observan la sódica-bicarbonatada (ver figura 2); al igual que en el diagrama de Durov, se aprecia la interacción agua-roca y procesos de mezclas.

El agua superficial y, en algunos casos, la subterránea pueden ser analizadas con los diagramas

de Gibbs para identificar procesos ambientales, como la evaporación, precipitación e interacción agua-roca (ver gráfica 2).

En general, la ubicación de las muestras denotan influencia de la precipitación meteórica; en el caso de la relación iónica $Cl/(Cl+HCO_3^-)$, las muestras de las zonas de La Malinche y el Pico de Orizaba presentan valores bajos de sólidos totales disueltos (STD) (menor contenido iónico), en tanto que las de la región de Tecamachalco exhiben mayores concentraciones de STD y, por consiguiente, mayor evolución química, como se observa en la gráfica 2, en la cual se ve un comportamiento similar, sin embargo, las muestras más evolucionadas presentan una relación menor.

La gráfica 3a exhibe dos elementos conservativos (boro) B^{3+} vs. Cl^- que no interaccionan con el medio y ayudan a definir la evolución del agua subterránea en la región. Las zonas de recarga (Pico de

Orizaba y La Malinche) se identifican como aquéllas con menor contenido de B^{3+} y Cl^- ; a medida que éstas evolucionan químicamente, el incremento es proporcional, de tal manera que las aguas más evolucionadas de la zona se ubican en la región de Tecamachalco y confirman lo descrito con los diagramas de Mifflin y Gibbs.

La disolución de minerales (interacción agua-roca) que forman los diferentes tipos de rocas en la región es confirmada con los gráficos de dispersión (ver gráficas 3b, c y d), en los que, a medida que el agua transita por el subsuelo, incorpora componentes químicos, definiendo la evolución del agua subterránea. La gráfica 3b, de CE vs. Cl^- muestra que los valores más

Gráfica 2

Diagramas de Gibbs donde se identifican procesos hidrogeoquímicos como interacción agua-roca, posibles efectos de evaporación y la influencia de la precipitación meteórica o deshielos de los parques nacionales La Malinche y Pico de Orizaba

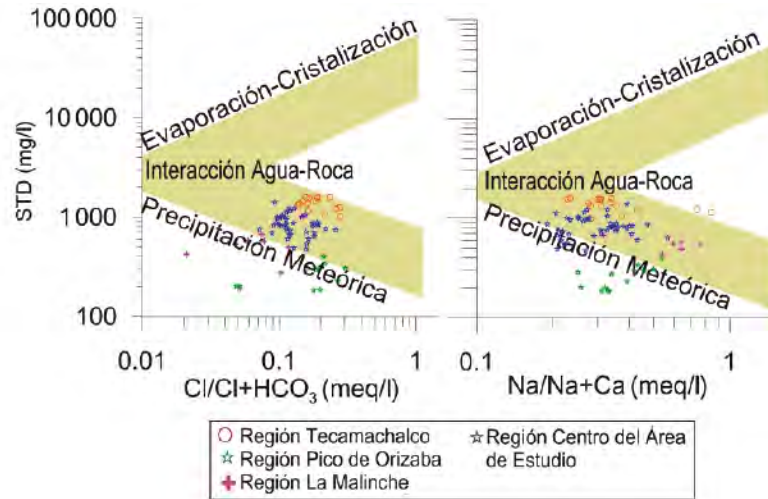
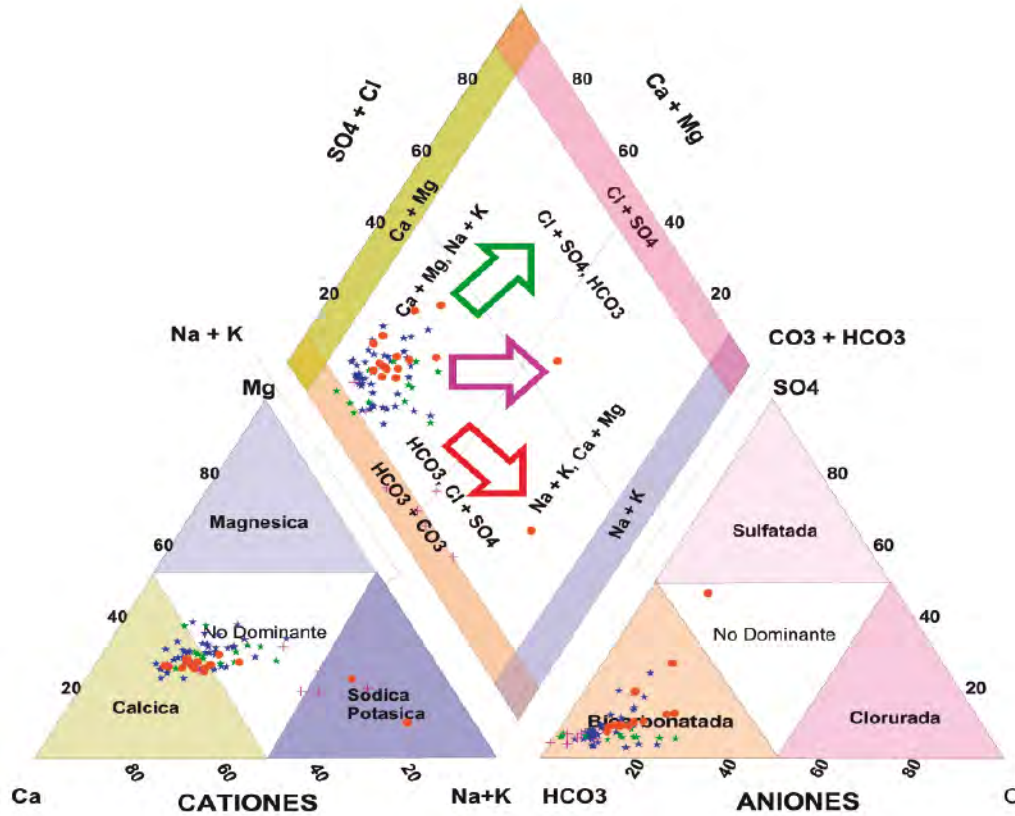


Figura 2

Diagrama de Piper en el que se presentan algunos procesos hidrogeoquímicos presentes en las muestras de agua subterránea del acuífero de Tecamachalco, Puebla



Nota: las líneas roja y verde indican procesos de interacción agua-roca y la flecha morada indica procesos de mezcla.

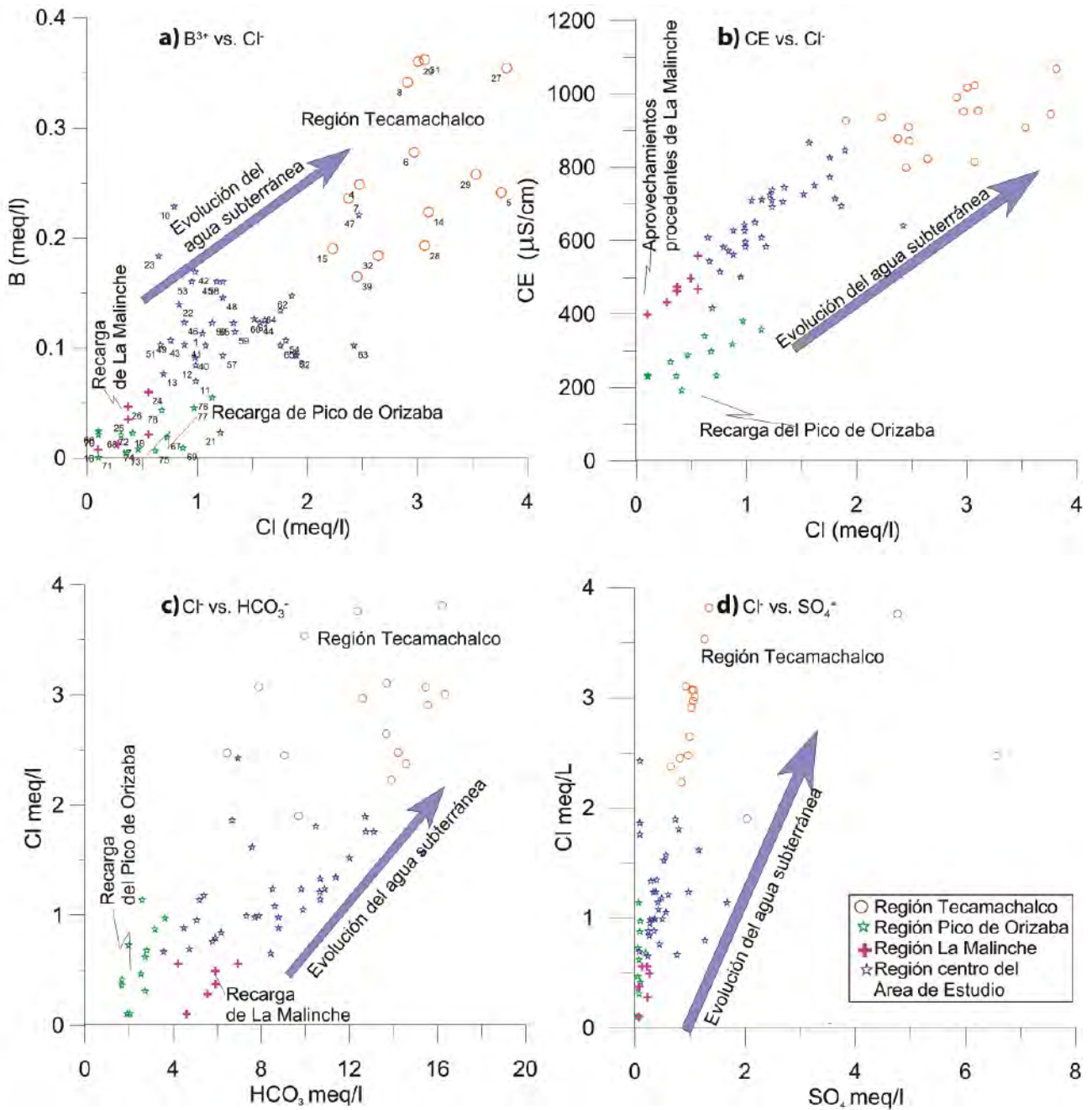
bajos corresponden a la recarga local que se produce en La Malinche y el Pico de Orizaba; el aumento de la CE es directamente proporcional al del Cl^- , de tal manera que las muestras más evolucionadas corresponden a la región de Tecamachalco. Este mismo comportamiento se observa en los gráficos de Cl^- vs. HCO_3^- y $\text{SO}_4^{=}$, donde la recarga local tiene

valores bajos de estos iones y se incrementan conforme evoluciona el agua subterránea (ver gráficas 3b, c y d).

Las gráficas 4a, b y c de Cl^- vs. Na^+ , CE vs. $\text{Na}^+ + \text{Ca}^{++}$ y Na^+ vs. Ca^{++} confirman la evolución del agua subterránea debido al incremento proporcional de

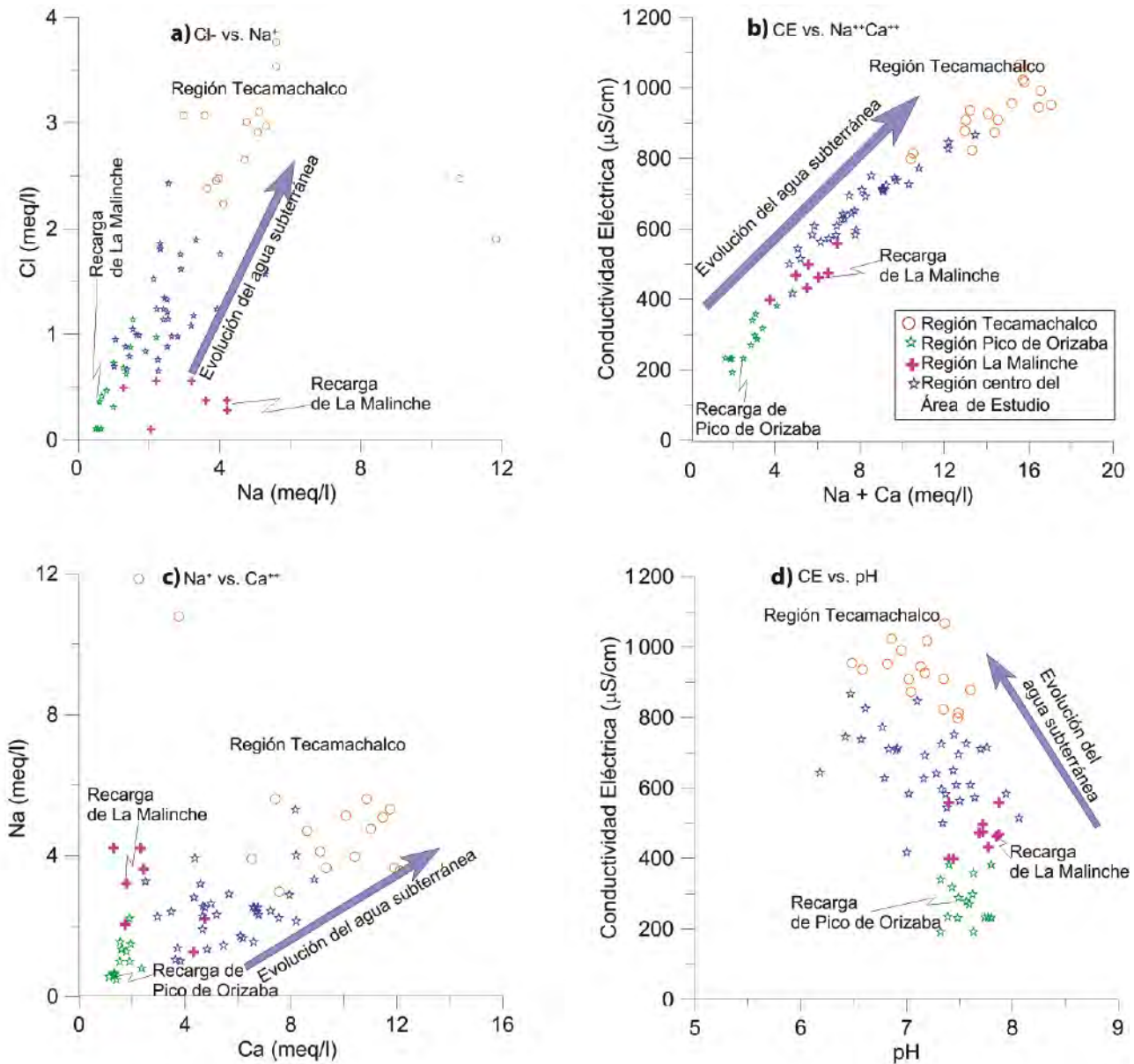
Gráficas 3

Diagramas de dispersión en los que se presenta la evolución hidrogeoquímica de las muestras de agua subterránea del acuífero de Tecamachalco, Puebla



Gráficas 4

Diagramas de dispersión donde se representa la evolución hidrogeoquímica de las muestras de agua subterránea del acuífero de Tecamachalco, Puebla



estos componentes. En el caso de la gráfica 4d (CE vs. pH), el cambio es inversamente proporcional, dado que a menor CE mayor pH y, a medida que la CE aumenta, el pH disminuye.

En todos los casos es evidente que el agua menos evolucionada es la procedente del Pico de Orizaba y La Malinche, en tanto que las que tienen mayor evolución se presentan en la región de Tecamachalco.

Conclusiones

- Las principales zonas de recarga se ubican en la región de La Malinche y el Pico de Orizaba, lo que obliga a un mayor cuidado y preservación de las zonas.
- El régimen de extracción del agua subterránea ha alterado sus niveles en la zona, aunado a la desecación del lago de Totolcingo debido a la desviación de los cauces naturales de

los deshielos de los volcanes, lo que ha repercutido en la profundización de los niveles de agua subterránea en el valle de Tecamachalco, en Puebla.

- La profundización de los niveles de agua en el acuífero ha ocasionado la extracción de agua subterránea con mayor evolución fisicoquímica, lo que obliga a su vigilancia continua, con el fin de evitar la salinización de los suelos por el riego de las parcelas.
- Se identificaron flujos locales (La Malinche y Pico de Orizaba), intermedios (acuífero de Tecamachalco) y algunos regionales localizados al sur de Tecamachalco.
- Los diagramas de Durov expandido, Piper y Gibbs muestran proceso de interacción agua-roca y procesos de mezclas, así como la influencia que presenta la precipitación meteorológica en la recarga de los sistemas acuíferos.
- Durante la etapa del recorrido de campo, las plantas de tratamiento de aguas residuales de Tepeaca y Tecamachalco se encontraban fuera de servicio, lo que obliga a tener un mayor cuidado y evitar las descargas directas a los canales de riego.
- La nueva cartografía de hidrología subterránea que edita el INEGI (zonas hidrogeológicas de México) permite realizar este tipo de investigaciones, que pudieran ser de utilidad a las autoridades de los diferentes ámbitos de gobierno y de los usuarios sin mucho conocimiento en el tema e interesados en los problemas ambientales y de sus comunidades.

Fuentes

Díaz Viera, M. A. *Geoestadística aplicada*. Cuba, Instituto de Geofísica (UNAM)-Instituto de Geofísica y Astronomía (CITMA), 2002, p. 122.

- Domínguez, M. E. *Geoquímica del acuífero de Tecamachalco, Puebla*. Tesis de Doctorado. UNAM, 2005.
- Durov, S. A. *Natural waters and graphic representation of their compositions*. Dokl. Akad. Nauk SSSR, 1948, 59:87-90.
- Gibbs, R. J. *Mechanisms Controlling World Water Chemistry*. Science, New Series, Vol. 170, No. 3962, American Association for the Advancement of Science, 1970, p. 1088-1090.
- Hem, J. D. *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural waters*. 3rd ed. U.S. Geological Survey, 1985, p. 264.
- INEGI. *Conjunto de datos vectoriales geológicos. Continuo nacional, escala 1:250 000, serie I*. Aguascalientes, Ags., México, S/F.
- _____. *Metodología información serie III, aguas subterráneas*. México, 2010, p. 72.
- _____. *Zona hidrogeológica valle de Tecamachalco*. Consultado en <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825004027> el 15 de diciembre de 2014.
- _____. *Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM3.0)*. Consultado en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/datosrelieve/continuoelevaciones.aspx> el 16 de marzo de 2016.
- Mifflin, M. D. "Region 5, Great Basin", en: Back, W., J. S. Rosenhein and P. R. Seaber (eds.). *The Geology of North America, v. 0-2. Hydrogeology*. Boulder, Colorado; Geological Society of America; 1988.
- Piper, A.M. *A graphical procedure in the geochemical interpretation of water analyses*. Groundwater Note 12, U. S. Geological Survey, Washington, DC, 1953.
- Sandoval-Montes, Ismael del Carmen. "Identificación de los flujos subterráneos que alimentan al acuífero de Tehuacán en el estado de Puebla, México, con base en indicadores hidrogeoquímicos y la temperatura del agua subterránea", en: *Revista Geográfica*. Número 149. Instituto Panamericano de Geografía e Historia, enero-junio de 2011.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). *Acuerdo por el que se dan a conocer los estudios técnicos del acuífero 2101 Valle de Tecamachalco y se modifican los límites y planos de localización que respecto del mismo se dieron a conocer en el acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual y sus planos de localización*. 2009, p. 1-20.

Food-Demand Analysis in Mexico: A Social Program's Effects on Dairy Products Expenditure

*Análisis de demanda
de alimentos en México:
impacto de un programa social en el gasto
de las familias en productos lácteos*

David Magaña Lemus



This paper presents an analysis of the dairy products' demand in Mexico at a disaggregated level. We use data from individual household expenditure as well as demographics from 30 169 Mexican households, data collected in 2010 by the Mexican Statistical and Geography Institute (INEGI). The main objective of this study is to estimate the impact of the *Oportunidades* program; which is aimed to provide financial assistance to low-income families, whose dairy consumption is their main source of calcium. After using the Heckman model, we found evidence of the program beneficiaries spending more money on some dairy products than their counterparts. Estimates of price and expenditure elasticities are also provided. All the dairy commodities considered in this study are estimated to be normal goods and necessities. The results of this paper can be useful for public policies making in Mexico.

Key words: Heckman Model; *Oportunidades* program; demand for dairy products; Mexico.

Recibido: 27 de junio de 2015

Aceptado: 11 de mayo de 2016

I. Introduction

Oportunidades program, originally known as *Progresá*, is a conditional cash transfer program in Mexico.¹ Household members are required to participate in health education sessions and attend regular health check-ups to receive the program's cash transfer. More than 5 million families receive these monthly cash transfers to help them improve their health, education, and nutrition. The health and education components of this program are mandatory and monitored. However, one feature

¹ In 2013 the program was renamed as *Prospera*.

En este trabajo se presenta un análisis de demanda de productos lácteos en México a nivel desagregado. Se utilizan datos demográficos e información sobre el gasto de 30 169 hogares mexicanos, información compilada en el 2010 por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). El objetivo principal del estudio es estimar el impacto del programa *Oportunidades*, el cual está enfocado a proporcionar asistencia financiera a las familias de bajos ingresos para el consumo de productos lácteos como principal fuente de calcio. Mediante el Modelo de Heckman se encuentra evidencia de que las familias beneficiarias del programa gastan más en algunos productos lácteos que sus contrapartes. Se proporcionan estimaciones de elasticidades precio y gasto. Todos los productos lácteos considerados en esta investigación son estimados como bienes normales y necesarios, de acuerdo con las elasticidades obtenidas. Los resultados de este trabajo pueden ser útiles para la toma de decisiones de política pública en México.

Palabras clave: Modelo de Heckman; programa *Oportunidades*; demanda de productos lácteos; México.

of the program that is not enforced is the appropriate provision of nutrition supplements to children (Leroy, Vermandere, Nuefeld, and Bertozzi, 2008). Previous studies have found that *Oportunidades* has a positive impact on child growth in urban areas of Mexico (Leroy Garcia-Guerra, Garcia, and Dominguez, 2008). Other positive effects from *Oportunidades* relate to higher height growth rates and lower incidences rates of anemia in low-income, rural infants (Rivera, Sotres-Alvarez, Habicht, Shamah, and Villalpando, 2004).

This study is intended to provide evidence to answer the question of whether or not receiving

Oportunidades translates into differential nutrition standards. Particularly, this paper will focus on the demand of dairy products, as the main source of calcium. The findings of Hoddinott and Skoufias (2003) suggest that beneficiary families drink more milk than those who do not participate in the program. The objective then is to go further and analyze how participating in the program changes acquisition of dairy products. Analysis on 16 disaggregated dairy products is performed to shed light into the effect of the program on choice of food products. The relevance of estimating the effectiveness of *Oportunidades* on nutrition is evident, given the number of households that receive this benefit and for its impact as a public policy in Mexico. As pointed out by Pitt (1983), choice of nutrient intake in households near subsistence levels is of obvious policy importance.

We used data from the National Income and Expenditure Household Survey (ENIGH), which is a nationally representative survey conducted during 2010. The analysis is performed through Heckman two-step procedure to find the effect of the program on dairy consumption by product category. Separability of the utility function for dairy products and for other food and non-food products was assumed.

Using Heckman two-step procedure, the estimates of the selection equation and the demand equation are obtained. In the selection equation, it was found that households that receive cash transfers and training from *Oportunidades* have a higher probability of consuming unpasteurized milk, unpasteurized cheese (*queso fresco*) and aged cheese, compared to household with similar demographics that did not participate in the program. Conversely, the households that participate in the program were found to be less likely to consume pasteurized milk, *Oaxaca* cheese and sour cream.

Own-price and expenditure elasticities-estimates for disaggregated dairy products are provided in this paper. Due to the economic relevance of the dairy industry, it is expected that

the outcome of this paper be of interest of policy makers and business people.

As far as the relevance of the dairy market in Mexico is concerned, it is worth noting that the per capita milk consumption and other dairy products is 123 kilograms (Uribe and Torres, 2010). In 2010, average household expenditure on dairy products represented 12.3% of the total household expenditure on food (including expenditure on food away from home), and 15.6% of the expenditure of food consumed at home (INEGI, 2011). Around 60% of the production of fluid milk is utilized in the production of dairy products, which can be referred as industrial milk consumption. In 2010, the industrial milk consumption reached 6.9 million of metric tons, with an average rate of growth of 2.7% between 2005 and 2010. As for the direct milk consumption, the rate of growth is 1.6% for the same period, reaching 4.4 million tons in 2010 (Uribe and Torres, 2011). Further, since Mexico is a net importer of dairy products, understanding the behavior of these products in the Mexican market is not only of interest for domestic policy makers and local business people, but also for dairy producers and exporters abroad. The market for dairy products in Mexico was the destination for around 20% of the U.S. dairy exports during 2005 and 2010. It is worth noting that the total U.S. dairy exports in 2010 were 1.6 million tons (Uribe and Torres, 2011).

This paper is organized as follows: in section II a short summary of some of the main findings on the effect of *Oportunidades* is presented. Then, data and methods are described in sections III and IV, respectively. Section V contains the discussion of results and, section VI presents the main conclusions of this work as well as some opportunities for further research.

II. Literature Review

Oportunidades (*Progres*a) program was created in 1997 as a policy response to ameliorate the economic conditions of low-income families in México. After the 1995 crisis the level of poverty in-

creased sharply. It went from 52.4% of the Mexican population living in poverty in 1994 to 69% of the population in 1996. Likewise, the proportion of Mexican population living below the food poverty line increased from 21.2% in 1994 to 37.4% in 1996 (CONEVAL 2011). The program has gradually evolved since its inception in 1997 to become what in 2016 is known as *Prospera*.

A detailed exposition on the social background where this program emerged and its evolution is out of the scope of the paper. For an overview of the political and economic context under which Mexico's *Oportunidades* program was introduced, see Niño-Zarazúa (2010). Also, Czarnecki (2013) provides a description on recent poverty measurement strategies in Mexico.

Several papers have attempted to measure the effects of the program. Using data from the Mexican National Health and Nutrition Survey 2006, Mundo-Rosas, Rodríguez-Ramírez, and Shamah-Levy (2009) found evidence of a low intake of nutrients, particularly iron, zinc, folic acid, calcium, and vitamins A and C in preschool children of low socioeconomic status, especially those living in rural areas, and in southern Mexico. They found the presence of nutritional problems, but did not assess household participation in any social program aimed to reduce malnutrition.

It is also important to take into consideration that, because of the intergenerational transmission of poor nutrition, malnutrition may have long-term consequences. Thus, reduction in malnutrition has large potential economic benefits. Well-nourished children have significant gains in productivity and in cognitive achievement (Behrman and Hoddinott, 2005).

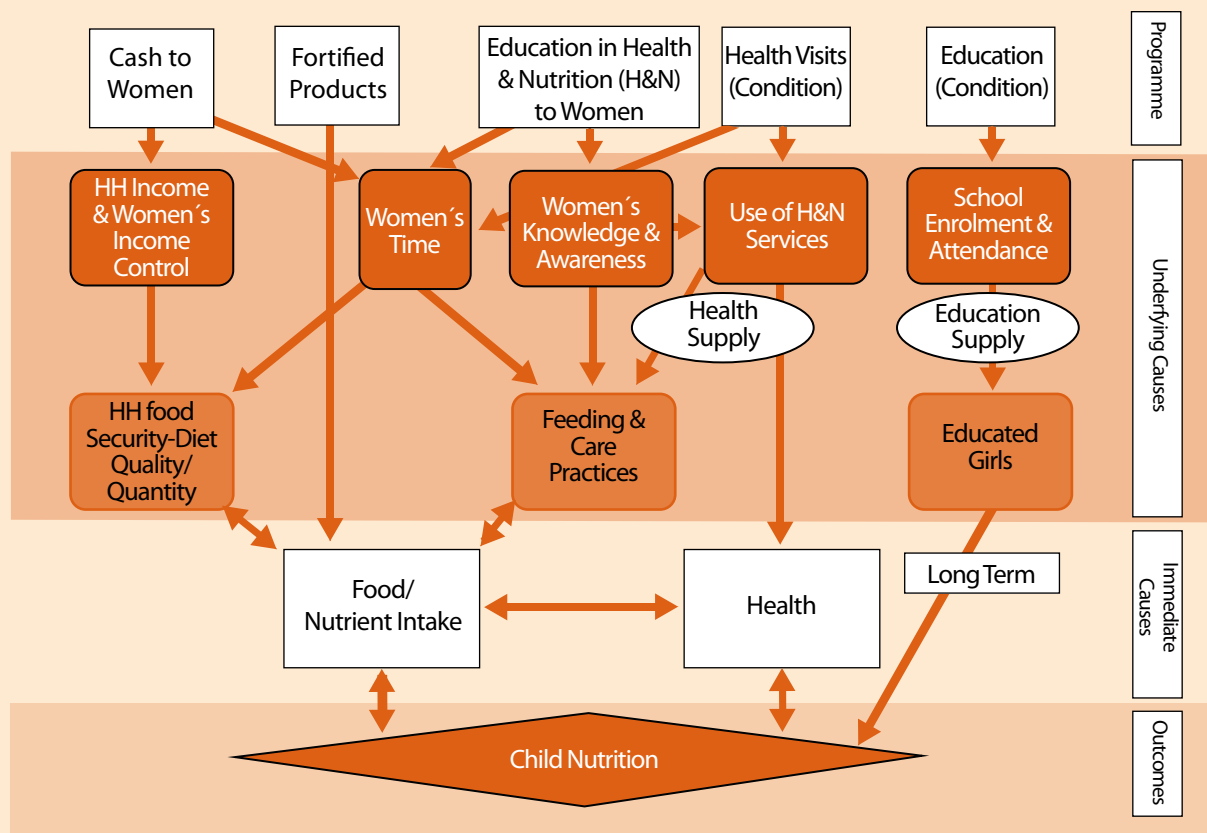
With respect to *Oportunidades*, Escobar Latapí and González de la Rocha (2008), report that a proportion of low income families in Mexico rely mainly on two sources of income: 1) remittances from migration to the United States, and 2) cash transfers from social policy programs such as *Oportunidades*.

Since its establishment in 1997, the main objective of *Oportunidades* was to reach the poorest households in rural Mexico. In its initial stages, *Oportunidades* stipends are allocated randomly across localities in the evaluation sample. That is, it was allocated to all eligible households within the randomly selected treatment localities. Eligibility was based on a poverty index (Behrman and Hoddinott, 2005). In contrast to earlier programs in Mexico, a unique feature of *Oportunidades* is the targeting of transfers to the mother (Hoddinott and Skoufias, 2003). The monthly transfer accounted for about 20% of the value of total household consumption (Todd, Winters and Hertz, 2010). Coverage of this program has increased significantly since its start. In June 2010 there were 5.6 million enrolled households in *Oportunidades* across the country (Andalon, 2011). The program provides cash transfers, food supplements, subsidies on school supplies, and health and education services to families below a certain socioeconomic threshold. In order to keep receiving the benefits, mothers and individual beneficiaries must comply with school attendance, health check-up as well as attendance to health and nutrition talks (Escobar Latapí and González de la Rocha, 2008). The program focuses on the health and nutrition of children and mothers. Leroy, Ruel and Verhofstadt (2009) provided a useful diagram (Figure 1) that depicts how programs such as *Oportunidades* may improve children's nutrition.

Oportunidades is a program that has been studied extensively. Some of these studies are briefly described here. An expected effect of the nutrition and health education component of the program, usually targeted at women, is that households' preferences change towards nutrient-rich foods (Leroy, Ruel and Verhofstadt, 2009). On this matter, Hoddinott and Skoufias (2003), found that households receiving aid from *Oportunidades* (they refer to the program as *Progresá*), increased caloric acquisition compared to similar household not receiving the benefits. An important finding in this study was that the higher impact was on the consumption of highly nutritious foods such as fruits, vegetables and animal proteins.

Figure 1

Mechanisms by which Conditional Cash Transfer Programs might affect nutritional status



HH refers to a household. Figure elaborated by Leroy, Ruel and Verhofstadt (2009).

Another study, conducted by Barber and Gertler (2008) used multivariate and instrumental variable analyses to estimate the impact of the program on birth weight. They found that beneficiaries of *Oportunidades* had children with increased birth weights of 127.3 grams or more and a 4.6 percentage point reduction in low birth weight. It is worth noting that pregnant women in participating households received nutrition supplements and health care, as well as cash transfers.

Leroy, Garcia-Guerra, Garcia, Dominguez, Rivera, and Neufeld (2008) used difference-in-difference propensity score matching to evaluate the impact of *Oportunidades* on the growth of children younger than 24 months of age that lived in urban areas. They found that children in intervened families and younger than 6 months of age grew more than

children in control families. They concluded that *Oportunidades*, with its strong nutritional component, is an effective tool to improve the growth of infants in poor urban households.

As for the program effects on a rural environment, Rivera, Sotres-Alvarez, Habicht, Shamah, and Villalpando (2004) reported a finding of better growth and lower rates of anemia in low-income, rural infants and children in families that receive *Oportunidades*.

Behrman and Hoddinott (2005) evaluated nutrition by estimating the impact of the program on child height. A substantial and positive effect of the nutritional supplements on children between 12-36 months was found. Higher growth rates and lower probability of stunting were the main con-

clusions. They found that larger effects for children from poorer communities but whose mothers are functionally literate.

As discussed by Andalon (2011), theoretical and empirical health economics research suggests that *Oportunidades* could have affected adolescent weight. This author conducted a study on the causal effect of the program on overweight and obesity rates of youth living in rural areas. He found a reduction in the rate of obesity among female adolescents who participated in the program for 4 years on average. This effect is attributed by the author to increased schooling and access to information regarding the consequences of unhealthy behavior through health information sessions and regular visits to physicians; the education and nutrition component of the program. Further, Andalon (2011) suggested that given the identified local average treatment effect (LATE) at the threshold for program eligibility, female obesity would decrease if the program was expanded to cover households with a slightly better economic status.

On the impact of *Oportunidades* on productive activities, Todd, Winters and Hertz (2010), using first difference and weighted estimators (weights were constructed from propensity scores), evaluated the impact of the program on food consumption from own production, land use, livestock ownership, and agricultural spending. The results they obtained support the hypothesis that transfers influence agricultural production. Greater impacts were found for households invested in agriculture.

As it is clear from the cited literature, there is plenty of evidence that suggest that *Oportunidades* program has been successful in helping poor families to achieve better nutrition levels. However, to the best of my knowledge no study has been conducted, using the ENIGH, to explore at a disaggregated level the type of products that account for the increased intake of nutrients. In this paper I will focus on the analysis of demand for dairy products as the main source of calcium (an important micronutrient). Moreover, the objective of this study is to assess the impact of *Oportunidades* on the

probability of purchasing these types of products (dairy) as a way to shed light into the factors that impact the decision making process to purchase or not products that contain calcium. The analysis is conducted utilizing the Heckman two-step estimator, in which the selection equation, that measures the probability of purchasing dairy products or not, and the demand equation, that estimates the quantity consumed once the household decided to purchase dairy products, are specified.

III. Data

The data used in this study was obtained from the National Income and Expenditure Household Survey (ENIGH), which is a nationally representative income and expenditure survey that was conducted by the Mexican Statistical and Geography Institute (INEGI) during the third quarter of 2010. This survey contains data on food consumption (at home and away from home) and the money value of food consumed during one week for 30 169 households. The data set also contains socioeconomic characteristics of the household, including geographical location, housing characteristics, number and age of members of the family, income, gender, and education level of the head of the household, among other factors. Moreover, the survey contains information about the marginality index of every county. This is a measure of the lack of access to elementary education, health services, infrastructure and development opportunities, which translates into low income families living in poor housing conditions. In the survey, all the sources of household income are disaggregated, allowing the identification of households that are beneficiaries of social programs such as *Oportunidades*.

As for the data manipulation to obtain the variables that were used in the model, and to obtain an estimation of prices, the household expenditure of a specific commodity was divided by the quantity they purchased. As expected in a household survey, it is common to find that a household does not report expenditure for all the commodities of interest. In those cases it is not possible to calcu-

late a price for that specific commodity and household. To avoid missing values, the average price of the State was imputed for the commodity not consumed by the household. Expenditure on dairy was obtained by merely adding up the household expenditure for the 16 commodities under analysis. In this way, values for the variables quantity and price for the 16 dairy products, as well as for total expenditure on dairy were available for analysis. It is worth noting that the focus of this paper is on the food expenditure at home.

To account for the proportion of children living in a house, the number of children under 12 years old is divided by the total number of persons in the household. This variable is labeled as *children ratio*.

The rest of the independent variables in the model are as follows:

Marginalization index, which has 5 levels, is operationalized as a set of dummy variables, with value equals to 1 if the household belongs to a given level of marginalization, and equal to zero otherwise. The marginalization levels, according to the Mexican Agency known as *CONAPO*, are: Very High, High, Medium, Low and Very Low. In the model the level Very High marginalization is the reference level, that is, those households that live in the most unfavorable conditions. The variable *female* is a dummy variable that stands for the gender of the head of the household. This is equal to 1 if the head is a female, and zero otherwise. Age is an interval variable that measures the age of the head of the household. The variable *Oportunidades* is a dummy variable, which is equal to 1 if the family reported income from the program in 2010, zero otherwise.

The ENIGH 2010 collected data on 18 different dairy categories. However, for two of them, almost all households reported zero consumption during the survey period. For this paper, 16 categories of dairy products are considered. These are: pasteurized milk, condensed milk, evaporated milk, powder milk, modified milk or formula, unpasteurized milk, cheddar cheese, aged cheese, unpasteurized (fresh) cheese, *manchego* cheese, *Oaxaca* cheese,

other types of cheese, sour cream, butter, yogurt, and other dairy products.

IV. Methodology

Estimation at the household level is preferred because it more readily permits the incorporation of household composition variables into the demand analysis, such as household size, occupation and employment status—information that is typically lost in aggregation. This is of particular importance in the study of nutritional well-being as it is the poorest households which are of special interest (Pitt, 1983).

As stated in the literature, the use of household-level data is preferable, since it avoids the problem of aggregation over consumers and often provides a large and statistically rich sample. However, data based on this kind of surveys convey a major estimation problem, namely zero consumption for many goods in a given household. Hence, we would be facing a censored dependent variable (Hein and Wessells, 1990).

As pointed out by Keen (1986), the presence of zero consumption values can be because of any of three broad factors:

- i) Infrequent purchasing (household budget surveys commonly record expenditures only over a relatively short period of time).
- ii) Variation in preferences (and/or prices) across the sample (households may simply not consume some commodities);
- iii) Misreporting.

When for at least one commodity there are households with zero consumption level, the application of the usual continuous variable estimation techniques would result in biased and inconsistent estimates because the random disturbances have nonzero means and are correlated with the exogenous variables. Moreover, dropping those households which do not consume at least one of the goods would severely reduce sample size and still

result in inconsistent estimates (Pitt, 1983). To deal with this estimation problem some techniques have been proposed over the years, including the widely-used Tobit analysis, originally proposed by Tobin (1958). However, the Tobit regression model assumes that the probability mechanism generates both the zeros and the positive values in the dependent variable. This is a strong assumption (Cameron and Trivedi, 2010). If zero consumption is assumed to be due to sample selection, Heckman's two-step is the appropriate model (Chern, Ishibashi and Taniguchi, 2003).

As discussed in Cameron and Trivedi (2010), the two-part model, unlike the Tobit model, attains some of its flexibility by assuming that: 1) the decision to spend, and 2) the amount to spend, are independent. That is, it has two-parts that are independently determined. The two-equation model includes a selection equation for y_1 , and an outcome equation for y_2 .

$$y_1 = \begin{cases} 1 & \text{if } y_1^* > 0 \\ 0 & \text{if } y_1^* \leq 0 \end{cases}, \text{ and } y_2 = \begin{cases} y_2 & \text{if } y_1^* > 0 \\ - & \text{if } y_1^* \leq 0 \end{cases}$$

where y_2^* is a latent variable that represents the outcome of interest, quantity purchased in our case. There is also the latent variable y_1^* . The outcome of y_2^* is observed only if $y_1^* > 0$. In other words, y_1^* determines whether the household buys dairy products (can also be interpreted as the propensity to consume) and y_2^* determines the quantity demanded. The regression model is:

$$\begin{aligned} y_1^* &= x_1' \beta_1 + \varepsilon_1 \\ y_2^* &= x_2' \beta_2 + \varepsilon_2 \end{aligned}$$

where ε_1 and ε_2 are the error terms assumed to be uncorrelated with the covariates, but may be correlated between them. It is assumed that the correlated error terms are jointly normally distributed and homoskedastic. Moreover, x_1' and x_2' are vector of covariates for the selection and the outcome (demand) equation, respectively β_1 and β_2 are vectors of coefficients for the selection equation (Probit model) and the demand equation (linear model).

It is important to note that a two-step method is based on the following conditional expectation:

$$E(y_2|x, y_1^* > 0) = x_2' \beta_2 + \rho \sigma_{12} \lambda(\cdot)$$

$$\text{where } \lambda(\cdot) = \frac{\Phi\left(\frac{x_1' \beta_1}{\sigma_1}\right)}{\Phi\left(\frac{x_1' \beta_1}{\sigma_1}\right)}$$

given, $y_2^* = x_2' \beta_2 + \varepsilon_2$, $E(y_2|x, y_1^* > 0) = x_2' \beta_2 + E(\varepsilon_2|y_1^* > 0)$ and the normality of the errors, then $E(\varepsilon_2|y_1^* > 0) = \sigma_{12} \lambda(x_1' \beta_1)$. The term ρ measures the correlation between the error terms ε_1 and ε_2 . The term $\sigma_{12} \lambda(x_1' \beta_1)$ can be estimated by $\lambda(x_1' \beta_{hat_1})$ and β_{hat_1} is obtained by a Probit regression of y_1 on x_1 . As for the least squares part, it is estimated by regressing y_2 on x_2 in the second step. The generated regressor, called the inverse Mills' ratio is $\lambda(x_1' \beta_{hat_1})$, it is also known as the non-selection hazard (Cameron and Trivedi, 2010). This term takes into account a possible selection bias.

For analysis, the marginal effects of independent variables were estimated. Special interest lies on the effect of the dummy variable *Oportunidades* on the consumption of dairy products. As discussed by Greene (2003), the marginal effect of the independent variables on y_2 in the observed sample consists of two components. First, there is the direct effect of the independent variable on the mean of y_2 which is captured by the coefficients. Second, if the independent variable also appears in the selection equation, there is an indirect effect. This is because a change in some independent variables not only changes the mean of y_2 , but also the probability that an observation is in the sample. Thus, the independent variables will affect y_2 through the lambda term.

As for identification, the Heckman model is identified when the same independent variables in the selection equation appear in the outcome equation. However, Heckman model is appropriate when at least one explanatory variable is included in the selection equation, but not in the outcome equation. This is especially problematic when having small sample sizes because the Heckman procedure yields inconsistent and biased results when

the exclusion restrictions are missing (Sartori, 2003). Also, Woldrigde (2010) points out that if all the variables in the selection equation also appear in the demand equation, the Heckman two-step (Heckit) estimates become imprecise.

To avoid this problem, in this case the variable that was included in the selection equation but not in the demand equation was the total quarterly income of the household. The dairy expenditure, a variable needed in the demand equation, was calculated as the sum of the expenditures for each dairy product.

V. Results and Discussion

Let us start this section with some descriptive statistics on the consumption of dairy products. Table 1 provides the mean and the standard deviation of quarterly consumption of dairy products by household. At household level, data is divided to compare the consumption level of families that receive *Oportunidades* and those that do not. For most of the 16 dairy products the average quarterly consumption is higher for those households that did not participate in the program. This is not surprising since dairy products are normal goods and households that received cash transfers from the Mexican government, through the social program, are low income families. On the dispersion

Table 1

Descriptive statistics of dairy products purchased by category for *Oportunidades* beneficiaries and nor beneficiaries in Mexico

Variable	Households with <i>Oportunidades</i>		Households without <i>Oportunidades</i>	
	Mean	Std. dev.	Mean	Std. dev.
Pasteurized milk	22.03	35.99	41.24	50.06
Condensed milk	0.04	0.50	0.15	2.17
Evaporated milk	0.02	0.37	0.16	2.17
Powder milk	1.02	5.99	0.73	5.94
Modified milk or formula	0.10	2.85	0.10	1.72
Unpasteurized milk	5.28	32.29	3.20	20.63
Cheddar cheese	0.06	1.39	0.17	1.39
Aged cheese	0.37	1.73	0.18	1.11
Unpasteurized (unaged) cheese	2.14	4.26	1.63	3.78
<i>Manchego</i> cheese	0.12	0.71	0.25	1.26
<i>Oaxaca</i> cheese	0.46	2.40	1.00	2.85
Other cheese	0.45	1.75	0.75	2.71
Sour cream	0.67	2.22	1.22	2.86
Butter	0.10	0.64	0.21	1.12
Yogurt	1.27	4.34	2.48	7.39
Other dairy	0.22	1.76	0.34	2.18

Quantities are measures in liters/kilograms per household for a three-month period.

Table 2

Descriptive statistics of demographic variables for *Oportunidades* beneficiaries and not beneficiaries in Mexico

Variable	Households with <i>Oportunidades</i>		Households without <i>Oportunidades</i>	
	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
Age of the head of the household	47.31	15.29	48.01	15.45
Total household members (1)	4.94	2.20	3.76	1.80
Children under 12 years (2)	1.42	1.34	0.83	1.03
Ratiokids [(1)/(2)]	0.25	0.22	0.18	0.21
Quarterly household income	6 118.72	9 087.03	16 580.82	23 103.79
Quarterly expenditure on dairy	651.49	657.05	953.15	909.15

Income and expenditure are measured in 2010 Mexican pesos.

of the consumption distribution, most of the commodities have a high standard deviation. It implies a highly skewed distribution to the right (since the lower bound of the distribution is zero).

With respect to the descriptive statistics of the demographic variables used in the model, the head of the household is a female for 22% of the households receiving *Oportunidades*, compared to 26% in the households that are not part of the program. The mean and standard deviation for variables such as age of the head of the household, total members of the household, number of children under 12 years old, as well as quarterly income and expenditure on dairy is reported in Table 2.

As for the empirical results, the Heckman model described in the previous section was estimated equation by equation for each of the 16 dairy products under analysis. The main objective was to evaluate the effect of participating in the program *Oportunidades* on the probability that the household purchased a given dairy product, controlling for the log of prices for all the dairy products, and the log of expenditure on dairy and demographic characteristics. In particular, the age and gender of the head of the household, the marginality index (as described in section III), as well as the ratio of kids under 12 years old to total number of persons that live in the household were controlled for in every equation. As mentioned by Cameron and Trivedi (2010) the two-part model uses a dependent variable in logs.

The first panel in Table 3 contains the coefficients of the first step in the Heckman model. The signs of the coefficients that are statistically significant in the probit part of the model suggest that *Oportunidades* has a positive impact on the probability of buying unpasteurized milk ($p < .01$), aged cheese ($p < .05$) and unpasteurized unaged cheese ($p < .01$). On the other hand, the probit coefficients for the variable *Oportunidades* have a negative sign for the equations for which the dependent variable is pasteurized milk ($p < .01$), *Oaxaca* cheese ($p < .05$) and sour cream ($p < .05$). For the rest of the products the coefficients are not statistically significant.

Table 3
Coefficients of the variable *Oportunidades* from the Probit model (first step) and the marginal effects (two-step)
Estimated equation by equation

Dependent variable	Probit (First step)	Two-step Average Marginal Effect
Pasteurized milk	-0.17 ** (0.03)	-0.049 ** 0.010
Condensed milk	-0.03 (0.09)	0.001 0.003
Evaporated milk	-0.23 (0.13)	-0.007 0.004
Modified milk or formula	0.08 (0.14)	0.001 0.002
Unpasteurized milk	0.18 ** (0.05)	0.016 ** 0.005
Cheddar cheese	-0.01 (0.06)	-0.001 0.005
Aged cheese	0.14 * (0.06)	0.009 * 0.004
Unpasteurized (unaged) cheese	0.11 ** (0.03)	0.033 ** 0.010
<i>Manchego</i> cheese	-0.05 (0.07)	-0.004 0.005
<i>Oaxaca</i> cheese	-0.10 (0.04)	-0.023 0.010
Other cheese	0.04 (0.04)	0.007 0.009
Sour cream	-0.11 * (0.04)	-0.030 * 0.010
Butter	0.01 (0.06)	0.001 0.006
Yogurt	-0.02 (0.04)	-0.004 0.010
Other dairy	-0.03 (0.06)	-0.002 0.005

Standard errors in parenthesis.
Delta method standard errors for two-step estimates are reported below its coefficient.
* $p < .05$, ** $p < .01$

From the conditional expectation equation presented in section IV, it is easy to see that if $\rho \neq 0$ and if the independent variable appears in both equations (selection and demand), then the *Oportunidades* coefficients do not indicate the marginal effect of the program on the probability of purchasing a given dairy product. As mentioned by Greene (2003), it is possible that the sign, magnitude and statistical significance of the marginal effect differ to those in the beta coefficients.

The ρ term was not statistically different from zero, i.e. the error terms in the selection equation and in the demand equation were uncorrelated, for the equations that had modified milk or formula, unpasteurized milk, butter and other dairy as the dependent variable. As mentioned by Wooldridge (2010), a standard t test on ρ is a valid test of the null hypothesis of no selection bias. However, for the eleven dairy commodities under analysis ρ was significantly different from zero ($p < .05$), hence in these cases the selection process and the demand equation are not uncorrelated. In the case of powder milk, the probit coefficient and the marginal effect were not estimated since the dependent variable was never censored because of selection, thus the model simplified to ordinary least squares regression.

The second panel of Table 3 introduces the average marginal effects of *Oportunidades* on the probability of purchasing dairy products. In particular, according to these estimates, a household that receives the benefits of the program increases the probability of consuming: 1) unpasteurized milk in around 2 percentage points; 2) aged cheese in around 1 percentage point; and unpasteurized cheese, also known as *queso fresco*, in around 3 percentage points. These average marginal effects are comparisons with respect to a household, of similar demographics, that is not a beneficiary of the program.

On the other hand, there is evidence that suggest that a household receiving *Oportunidades* is less likely to have a positive expenditure on (i.e. purchase) pasteurized milk (around 5 percentage points less likely), Oaxaca cheese (around 2.3 per-

centage points less likely) and sour cream (3 percentage points less likely) compared to a household that does not participate in the program.

If we consider that a decrease in expenditure does not necessarily mean a decrease in consumption (Aguiar and Hurst, 2005), then the decrease on probability of purchasing a positive quantity of pasteurized milk, Oaxaca cheese and sour cream, does not necessarily imply that *Oportunidades* has a negative impact on dairy consumption.

In this sense, the decrease in the probability of purchasing pasteurized milk may be explained by a substitution towards purchasing unpasteurized milk, which is produced locally in rural areas, or towards own-production. The nutrition talks, part of the program, might had an effect by providing training in managing unpasteurized milk (boiling it) to avoid the risk of food borne disease.

With respect to the decrease in the probabilities of purchasing Oaxaca cheese, it may be the case that it is produced at home, since it is relatively easy to elaborate manually. This is not an unfounded conclusion if we consider the findings of Todd, Winters and Hertz (2010), who reported that *Oportunidades* increased the value and variety of food consumed from own-production. They also reported an increase in livestock ownership, a fact that could explain the decline in the probability of purchasing pasteurized milk and Oaxaca cheese.

Elasticities

The estimated elasticities are own-price and expenditure. The later refers to the expenditure on dairy products, which was estimated under the separability assumption. With respect to the own-price elasticity estimates, it was found that all the parameters had a negative sign, as expected, and all but one of them are statistically significant ($p < .01$). The products that are estimated to be inelastic are pasteurized milk, powder milk, formula, unpasteurized milk, unpasteurized cheese, *manchego* cheese, sour cream, butter, and the category for

other dairy products. Also, as shown in the second panel of Table 4, dairy products such as cheddar cheese, *Oaxaca* cheese, other cheese and yogurt are estimated to be own-price elastic. Moreover, condensed milk and evaporated milk are highly own-price elastic products (-2.25 and -2.33, respectively). Own-price elasticity for aged cheese was not statistically significant. As for the expenditure elasticity estimates, all dairy products have a positive and significant parameter ($p < .01$). Some dairy products, specially the different types of milk, have a large expenditure elasticity. However, in all cases the expenditure elasticities are less than unity.

These findings are consistent with the results reported by Skoufias, Di Maro, Gonzalez-Cossio, and Rodriguez Ramirez (2009). They estimated, using a sample of poor rural household in Mexico, income elasticity for a variety of macro and micronutrients, including calcium. The income elasticities for calcium, estimated by Skoufias, Di Maro, Gonzalez-Cossio, and Rodriguez Ramirez (2009), go from 0.6 to 0.99 ($p < .01$) depending on the method used.

Large income elasticities for dairy products imply that an increase in household disposable income, which can be achieved by cash transfers and/or by increased productivity, would be an effective way to increase consumption of basic nutrients, such as calcium, in poor households in Mexico.

VI. Conclusions

Using Heckman two-step procedure, the estimates of the selection equation and the demand equation were obtained. In the selection equation, it was found that households that receive cash transfers and training from *Oportunidades* had a higher probability of consuming unpasteurized milk, unpasteurized cheese (*queso fresco*) and aged cheese, compared to household with similar demographics that did not participate in the program. Conversely, the households that participate in the program were found to be less likely to consume pasteurized milk, *Oaxaca* cheese and sour cream. These results suggest a substitution effect towards

Table 4

Expenditure and own price elasticities for dairy products in Mexico

Estimated by Heckman's two-step procedure, equation by equation

Dependent variable	Expenditure elasticity (wrt dairy expenditure)	Own price elasticity
Pasteurized milk	0.75 ** (0.01)	-0.85 ** (0.02)
Condensed milk	0.67 ** (0.06)	-2.25 ** (0.18)
Evaporated milk	0.82 ** (0.09)	-2.33 ** (0.27)
Powder milk	0.85 ** (0.03)	-0.90 ** (0.03)
Modified milk or formula	0.99 ** (0.26)	-0.99 ** (0.26)
Unpasteurized milk	0.68 ** (0.04)	-0.87 ** (0.13)
Cheddar cheese	0.40 ** (0.03)	-1.49 ** (0.11)
Aged cheese	0.38 ** (0.03)	-0.07 (0.14)
Unpasteurized (unaged) cheese	0.46 ** (0.01)	-0.97 ** (0.04)
<i>Manchego</i> cheese	0.24 ** (0.03)	-0.48 ** (0.09)
<i>Oaxaca</i> cheese	0.56 ** (0.02)	-1.36 ** (0.09)
Other cheese	0.47 ** (0.02)	-1.24 ** (0.09)
Sour cream	0.40 ** (0.01)	-0.92 ** (0.14)
Butter	0.12 ** (0.03)	-0.76 ** (0.10)
Yogurt	0.56 ** (0.03)	-1.49 ** (0.11)
Other dairy	0.15 ** (0.05)	-0.42 ** (0.19)

Standard errors in parenthesis.
* $p < .05$, ** $p < .01$

products that have a component of household production, such as boiling raw milk and production of cheese.

Own-price and expenditure elasticities estimates for disaggregated dairy products are also provided in this paper. Due to the economic relevance of the dairy industry in Mexico, it is expected that the outcome of this paper be of interest of policy makers and business people.

As stated in the paper, previous studies have suggested an increase in milk consumption as the impact of receiving the benefits of the program. In this paper, the effect on different dairy products expenditure was obtained. However, the overall effect of *Oportunidades* on calcium consumption by household was not estimated. Opportunities for further research include the estimation of consumption of dairy products accounting for calcium content by individual members of a household. Likewise, further analyses can be conducted controlling for different demographic variables, such as the level of education of the head of the family, the number of individuals in the family that report income, the occupation of families (agricultural producers or not), geographical region, whether the family belongs to an indigenous community, etc.

Given the disaggregation of the data set, home production for self-consumption is not distinguished in this paper (which is a subject for further research). Also, separability was assumed but not formally tested. This paper focuses on milk consumption as indicator of calcium consumption. Nevertheless, recommended intake of calcium was not considered in the analysis. Certainly, further effort is needed to complement this study with other nutrients and their demand analysis. Moreover, the analysis is done using only data from INEGI, more work needs to be done using different data source to test if the results are robust. One major area of opportunity for further research is to estimate the equations as a system, instead of equation by equation, in order to be able to estimate cross-price elasticities and formally test adding up and symmetry restrictions in the demand sys-

tem. Finally, in order to improve robustness of the findings it would be interesting to perform estimation of the impact of the program on nutrition in low-income households using two-equation joint estimation and a Bayesian approach.

References

- Aguilar, M. and Hurst E. 2005. "Consumption Versus Expenditure." *Journal of Political Economy*, 113(5): 919-48.
- Andalon, M. 2011. "Oportunidades to Reduce Overweight and Obesity in Mexico?". *Health Economics*, 20 (Suppl. 1): 1-18 (2011).
- Barber, S. L., and P. J. Gertler. 2008. "The Impact of Mexico's Conditional Cash Transfer Programme, *Oportunidades*, on Birthweight". *Tropical Medicine and International Health*, volume 13 No. 11 pp 1405-1414.
- Behrman, J. R. and J. Hoddinott. 2005. "Programme Evaluation with Unobserved Heterogeneity and Selective Implementation: The Mexican PROGRESA Impact on Child Nutrition". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 67, 4 (2005) 0305-9049.
- Cameron, A. C. and P. K. Trivedi. 2010. "Microeconometrics Using Stata". Revised edition. Stata Press, College Station, Texas.
- Chern, W. S., K. Ishibashi, and K. Taniguchi. 2003. "Analysis of the Food Consumption of Japanese Households". *FAO, Social and Economic Development Paper No. 152*. Rome, Italy, 2003.
- CONEVAL. 2011. "Medición de la pobreza en México, 2008-2010". Available at http://www.coneval.gob.mx/cmsconeval/rw/pages/medicion/Pobreza_2010/Anexo_estadistico.es.do (Accessed on September 13th, 2015).
- Czarnecki, L. 2013. "El CONEVAL. La institucionalización del concepto oficial de la pobreza en México". *Revista Castellano-Manchega de Ciencias Sociales*, No 16, pp. 177-190.
- Escobar Latapí, A. and M. González de la Rocha. 2008. "Evaluating Progres-Oportunidades".
- In S. Razavi (ed.) *The Gendered Impacts of Liberalization: Towards Embedded Liberalism?* Chapter 10, pp:435-468. Routledge/UNRISD, New York, 2008.
- Greene, W. H. 2003. *Econometric Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hoddinott, J. and E. Skoufias, Y. 2003. "The Impact of PROGRESA on Food Consumption". FCND Discussion Paper No. 150, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Hein, D and C. R. Wessells. 1990. "Demand Systems Estimation with Microdata: A Censored Regression Approach". *Journal of Business & Economics Statistics*. Vol. 8, No. 3 (Jul., 1990), pp. 365-371.
- Heckman, James. 1979. "Sample Selection Bias as a Specification Error." *Econometrica* 47:153-161.
- INEGI. 2011. *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2010*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, July 2011. Accessed on

- April 2014. Available at <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/Encuestas/Hogares/regulares/Enigh/Enigh2010/tradicional/default.aspx>
- Keen, M. 1986 "Zero Expenditures and the Estimation of Engel Curves". *Journal of Applied Econometrics*, 1, 277-286.
- Leroy, J. L., H. Vermandere, L. M. Neufeld, and S. M. Bertozzi. 2008. "Improving Enrollment and Utilization of the *Oportunidades* Program in Mexico Could Increase Its Effectiveness". *The Journal of Nutrition*, 638-641, 2008.
- Leroy, J. L., A. Garcia-Guerra, R. Garcia, C. Dominguez, J. Rivera, and L. M. Neufeld. 2008. "The *Oportunidades* Program Increases the Linear Growth of Children Enrolled at Young Ages in Urban Mexico". *The Journal of Nutrition*, 138: 793-798, 2008.
- Leroy, J. L., M. Ruel, and E. Verhofstadt. 2009. "The Impact of Conditional Cash Transfer Programmes on Child Nutrition: a Review of Evidence using a Programme Theory Framework". *Journal of Development Effectiveness*, Vol. 1, No. 2, June 2009, 103-129.
- Leroy, J. L., P. Gadsden, S. Rodríguez-Ramírez, and T. Gonzalez de Cossio. 2010. "Cash and In-Kind Transfers in Poor Rural Communities in Mexico Increase Household Fruit, Vegetable, and Micronutrient Consumption but Also Lead to Excess Energy Consumption". *The Journal of Nutrition*, 140: 612-617, 2010.
- Mundo-Rosas, V., S. Rodríguez-Ramírez, and T. Shamah-Levy. 2009. "Energy and Nutrient Intake in Mexican Children 1 to 4 years old. Results from the Mexican National Health and Nutrition Survey 2006". *Salud Pública Méx.*, 2009;51 suppl 4:S530-S539.
- Niño-Zarazúa, M. 2010. "Mexico's *Progres-Oportunidades* and the emergence of social assistance in Latin America". Brooks World Poverty Institute, BWPI Working Paper 142. ISBN : 978-1-907247-41-5.
- Pitt, M. M. 1983. "Food Preferences and Nutrition in Rural Bangladesh". *The Review of Economics and Statistics*, 65, 105-114 pp.
- Rivera, J.A., Sotres-Alvarez, D., Habicht, J.P., Shamah, T., Villalpando, S. 2004. "Impact of the Mexican program for education, health and nutrition (*Progres-Oportunidades*) on rates of growth and anemia in infants and young children: a randomized effectiveness study". *JAMA*. 2004; 291:2563-70.
- Sartori, A. 2003. "An Estimator for Some Binary-Outcome Selection Models Without Exclusion Restrictions." *Political Analysis* 11:111-138.
- Skoufias, E., V. Di Maro, T. Gonzalez-Cossio, S. Rodriguez Ramirez. 2009. "Nutrient Consumption and Household Income in Rural Mexico". *Agricultural Economics*, 40 (2009) 657-675.
- Tobin, J. 1958. "Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables". *Econometrica* 26, 24-36.
- Todd, J. E., P. C. Winters and T. Hertz. 2010. "Conditional Cash Transfers and Agricultural Production: Lessons from the *Oportunidades* Experience in Mexico". *Journal of Development Studies*, 46:1, 39-67.
- Uribe, L., and E. Torres. 2010. "Panorama Agroalimentario Leche y Lácteos 2010". *FIRA-Banco de México*. Accessed March 2014. Available at <http://www.fira.gob.mx>
- Uribe, L., and E. Torres. 2011. "Panorama Agroalimentario Leche y Lácteos 2011". *FIRA-Banco de México*. Accessed March 2014. Available at <http://www.fira.gob.mx>
- Wooldridge, J. 2010. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge: MIT Press. Second edition.

Generación de escenario de potencial de contaminación en el acuífero Silao-Romita, en Guanajuato

Generation of scene of potential contamination in the aquifer Silao-Romita, in the state of Guanajuato

Saúl Edén Córdova De la Cruz y José de Jesús Esparza Claudio

Recibido: 8 de enero de 2016

Aceptado: 5 de abril de 2016

View of Yuriria lagoon.../DEA / ARCHIVO J. LANGE / Colaborador/Getty Images



Esta investigación trata de presentar algunos escenarios potenciales de contaminación del acuífero Silao-Romita derivados de la actividad minera de la región donde, a través de los resultados del muestreo de varios depósitos y presas de *jales*, se identificó y cuantificó la presencia y concentración de elementos metálicos solubles en agua que son generados por este tipo de residuos y que muestran potencial de generación de drenaje ácido; lo anterior, representa una fuente potencial de contaminación hacia la zona de alta vulnerabilidad del acuífero. El trabajo consistió en muestrear y caracterizar cinco depósitos de residuos mineros provenientes de un total de 31 presas de *jales*. Asimismo, se determinó la zona más vulnerable del acuífero mediante los métodos DRASTIC y AVI. Los resultados sugieren la evaluación posterior mediante modelos matemáticos para determinar las rutas más probables de transporte de los elementos que son liberados por estas fuentes.

Palabras clave: *jales*; metales; vulnerabilidad; drenaje ácido.

Introducción

En México existe una gran variedad de tipos de yacimientos minerales. Entre los que contienen sulfuros destacan las vetas de metales base, las de reemplazamiento en carbonatos de alta temperatura, incluyendo *skarns* (depósito formado en un ambiente de metamorfismo de contacto con roca de caja de carbonatos como calizas o margas), los vulcanogénicos y los pórfidos (roca ígnea plutónica) de cobre (González-Reyna, 1956). El procesamiento de minerales provenientes de cada tipo de yacimiento resultará en una composición mineralógica distinta de los *jales*,¹ lo cual influye directamente en la tasa de liberación o biodisponibilidad de los elementos en potencia tóxicos hacia el medio ambiente. Además, los residuos se ubican en distintos sitios del país con climas diversos. Esta situación plantea, primero, la necesidad de desarrollar metodologías que permitan evaluar el efecto real de los *jales* hacia el medio

¹ Residuos sólidos generados en las operaciones primarias de separación y concentración de minerales.

This study tries to present some potential scenarios of contamination of the aquifer Silao-Romita derived from mining activity in the region where through the results of sampling of several deposits and tailings dams, were identified and quantified the presence and concentration of metallic elements soluble in water which are generated by this type of waste and showing potential acid drainage generation; the above, represents a potential source of contamination to the high vulnerability of the aquifer area. The work consisted in sample and characterize five deposits of a total of 31 dams of tailings mining waste. Likewise, it was determined the most vulnerable area of the aquifer through the DRASTIC and AVI methods. The results suggest further evaluation by mathematical models to determine the most likely routes of transportation of items that are released by these sources.

Key words: pull; metals; vulnerability; acid drainage.

ambiente nacional mediante el uso de métodos de modelado accesibles en México (Clark & Salas, 2000).

La industria minera en México ha generado, por décadas, una gran cantidad de desechos y un número importante de sitios contaminados a lo largo de todo el país. Su producción se concentra en 12 entidades: Chihuahua, Michoacán de Ocampo, Zacatecas, Durango, Sonora, Coahuila de Zaragoza, Guanajuato, San Luis Potosí, Hidalgo, Sinaloa, Colima y Jalisco (Sepúlveda & Trejo, 2002).

En el caso específico de Guanajuato, Gto., entre 1548 y 1554 fue cuando, probablemente, se produjo el descubrimiento incidental de abundantes yacimientos de plata, sobre todo en las minas de San Bernabé y Rayas, lo que provocó el nacimiento del centro poblacional. A partir de entonces, el tránsito y establecimiento de buscadores de mineral se hizo constante (VILLEGAS, 2014).

En la actualidad, la minería en la entidad se encuentra en una etapa de recuperación y ocupa el

octavo lugar como productor nacional de oro y séptimo en plata (INEGI, 2015).

En estudios realizados por la Universidad de Guanajuato (Ramos Arroyo-Siebe Grabach, 2006) se menciona que en el municipio de Guanajuato se encontraron 31 depósitos de *jales* que contienen 75 millones de toneladas de residuos, los cuales ocupan un área de 81.9 hectáreas (ha); de ellos, 11 provienen del proceso de cianuración (1905-1946), de los cuales cuatro están muy erosionados; el resto (20) son presas de *jales* de flotación *bulk*,² cuyos depósitos presentan una clasificación textural de la siguiente forma: las áreas próximas a la cortina de retención tienen textura arenosa, baja capacidad de retención de humedad y están muy aireadas, mientras que las zonas distantes a la cortina tienen textura arcillosa, baja permeabilidad y baja capacidad de aireación, lo que permite la acumulación de agua en tiempos de lluvias y favorece condiciones reductoras.

Por lo anterior, uno de los principales problemas ambientales derivados del manejo y disposición de los *jales* mineros es el drenaje ácido (DA), el cual es producto de la oxidación de los minerales sulfurosos que contienen. El desarrollo de DA en los *jales* es, por lo general, muy limitado durante la operación (*jales* activos) y se desarrolla lentamente a lo largo del tiempo después de que ha cesado la acumulación en el depósito (*jales* inactivos). La formación de DA no afecta todos los depósitos y depende del contenido de minerales sulfurosos capaces de producir ácidos y carbonatos, arcillas e hidróxidos capaces de neutralizar los ácidos generados, así como de las condiciones geográficas de los sitios donde están ubicados. La peligrosidad de los elementos potencialmente tóxicos (EPT) asociados a los *jales* varía de forma amplia, aún para el mismo elemento, dependiendo de su

² Método de beneficio dentro de la actividad minera, el cual consiste en la técnica de concentración de minerales en húmedo en la que se aprovechan las propiedades físico-químicas superficiales de las partículas para efectuar la selección. En otras palabras, se trata de un proceso de separación de materias de distinto origen que se efectúa desde sus pulpas acuosas por medio de burbujas de gas y a base de sus propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas. Según la definición, la flotación contempla la presencia de tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La primera está representada por las materias a separar, la segunda es el agua y la última es el aire.

movilidad. La fracción *soluble* (iones y coloides) es la que representa mayor peligro, ya que podría ser movilizada y contaminar los cuerpos de agua (superficiales y subterráneos); también se le considera como la más peligrosa debido a que puede estar fitodisponible o biodisponible (Lacalle Pareja, Fernández del Pino Navarro, González García & Romero Limón, 2000).

Existen reportes de accidentes en presas de *jales* (CNA, 2002); los más importantes son los ocasionados por derrames de residuos mineros en cauces federales en el municipio de Guanajuato para las siguientes zonas:

- Mina Las Torres, Guanajuato, Gto. (1988). Ruptura de alcantarilla central de la presa Las Coronelas 1 por errores de cálculo en el diseño. Derrame de más de mil toneladas de *jal*, con un impacto sobre el arroyo Los Cedros (hasta 15 km aguas abajo).
- Mina Las Torres, Guanajuato, Gto. (1993). Derrame de 250 toneladas de *jal* por chino³ mal sellado. Impacto sobre 5 km del arroyo Los Cedros.
- Santa Fe, Gto. (1996). Derrame por rotura de contrabordo en el vaso.
- Mina Bolañitos, Guanajuato, Gto. (2000). Entrada de *jal* por alcantarilla central y desbordamiento por presa de emergencia debido a la basura acumulada en la misma por falta de mantenimiento; volumen aproximado de 200 toneladas.

En términos de transporte de EPT al acuífero, destacan estudios que demuestran que este escenario sobre la migración de contaminantes que han sido arrasados a través de los escurrimientos superficiales ya es una realidad, tal es el caso del transporte y destino final del fósforo total detectado tanto en el sistema utilizado como alternativa para abastecimiento de agua potable a la ciudad de Guanajuato (conocido como pozos de Puenteillas) como en la presa La Purísima, en el municipio de Silao. Debido

³ Se desconoce el término dentro de los conceptos de construcción, por lo que se cita tal como fue reportado por la Comisión Nacional del Agua (CNA).

a la cercanía de algunos de estos pozos a la presa y al hecho de que ésta representa una recarga del acuífero, el transporte de fosfatos (originados por las descargas de aguas residuales de la zona urbana y de la actividad agrícola que llegan a la presa y ésta a su vez hacia el acuífero), es muy activo. La presencia de 1.6 mg/l de fosfatos en el agua de los pozos y la simulación del transporte de estos compuestos en el agua subterránea apoya la idea de dicha migración (Cano-Rodríguez, Gómez-Vallejo, Aguilera-Alvarado, de la Rosa & Gardea-Torresdey, 2004).

En términos de vulnerabilidad del acuífero Silao-Romita, se han realizado varios estudios utilizando diferentes métodos, entre los que destacan el DRASTIC, GOD y el AVI, donde se muestra que en la parte noroeste, cercana a la presa de La Purísima, se localiza una zona de vulnerabilidad importante, pero de dimensiones reducidas, misma que tiene vocación agrícola, la cual es influenciada en la parte media por el río Silao, situación que requiere especial atención por el uso de las aguas residuales para riego agrícola que representa una fuente continua de contaminación tanto de descargas urbanas como de otras actividades (mineras e industriales) de la región (Figuroa, Rodríguez, Sánchez & Báez, 2006).

Objetivo

Evaluar el nivel o grado de riesgo del acuífero Silao-Romita ante la presencia de elementos metálicos solubles en agua de lluvia y potencialmente tóxicos provenientes de *jales* mineros del distrito de Guanajuato a través de la generación de escenarios de liberación de contaminantes hacia la zona de alta vulnerabilidad de la presa La Purísima como principal fuente de recarga del acuífero.

Justificación

Los proyectos mineros son diferentes a la planeación de otras actividades industriales; estas últimas se pueden establecer en el mejor lugar posible

—desde el punto de vista ambiental—, sin embargo, una mina se ubica donde se localiza la veta del mineral a explotar y esto puede incluir comunidades, además de generar degradación ambiental por la extracción de suelo o la modificación de su constitución.

En el distrito minero de Guanajuato, las minas han causado un gran impacto ambiental, ya que no consideraron diversos parámetros, como: el paisaje, la caracterización de suelos, qué tipo de flora y fauna habitan en el lugar, si existen aguas superficiales y subterráneas, qué usos se le da al suelo y la cultura de las comunidades que residen en la zona.

En la actualidad, no se cuenta con información que determine o indique un posible escenario de avance, mecanismos de liberación y grado de afectación de la contaminación en el subsuelo y el acuífero Silao-Romita proveniente de los *jales* mineros debido, en este caso, al drenaje ácido y metales pesados o EPT que desde hace más de 400 años se han estado depositando en ríos, cañadas, barrancas y depósitos de *jales*.

Derivado de lo anterior, se justifica el plantear un estudio de evaluación del impacto de los *jales* mineros en el acuífero Silao-Romita, considerando a la presa La Purísima como posible fuente de captación de EPT de origen minero, así como el analizar algunas de las 20 presas y 11 depósitos de *jales* sin manejo adecuado del distrito minero de Guanajuato. Por consiguiente, el conocer los mecanismos de liberación de contaminantes de este tipo de pasivos permitirá evaluar posibles escenarios de riesgo donde se puedan prever las rutas de transporte y afectaciones sobre el agua subterránea que abastece al municipio de Guanajuato.

Metodología

a) Zona de estudio

Se localiza en la región III-Centro-Oeste del estado de Guanajuato, limita al Norte con el munic-

pio de San Felipe, al Este con Dolores Hidalgo, al Sur con Salamanca e Irapuato y al Oeste con Silao y León (101°02'00"-101°26'30" long. E y 20°48'42"-21°13'03" lat. N).

El municipio tiene como principal fuente de abastecimiento de agua el acuífero Silao-Romita, el cual está catalogado dentro del *Atlas digital del agua. México 2012* (CNA, 2012) como sobreexplotado y, de acuerdo con la delimitación propuesta por la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG, 2015), cubre parte importante de los municipios de Silao, Romita, Guanajuato e Irapuato.

b) Selección de presas o depósitos de *jales* para el muestreo

Para identificar y seleccionar los depósitos de residuos mineros (ver imagen 1), se llevó a cabo, durante la primera etapa del estudio, una revisión bibliográfica, la interpretación de fotografía aérea (ver imagen 2) y diversos recorridos de campo, a través de los cuales se detectaron 20 presas y 11 depósitos de *jales* que se encuentran en la zona alta de la cabecera municipal (la mayoría) y en el área urbana. Con base en lo anterior, y al acceso a los sitios, se escogieron cinco presas de *jales* (ver cuadro 1).

Cuadro 1

Depósitos para muestreo de *jales* mineros

Núm.	Depósito ^a	Estado actual de operación	Superficie	Altura de cortina	Método de beneficio	Coordenadas UTM	
						X	Y
1	Presa 1	En operación	22.5 ha	40 m	Flotación <i>bulk</i>	269 460	2 323 903
2	Presa 2	En abandono ^b	10.7 ha	10 m	Flotación <i>bulk</i>	269 585	2 324 362
3	Presa 3	En operación	3.6 ha	20 a 30 m	Flotación <i>bulk</i>	258 040	2 331 946
4	Presa 4	En operación	5.5 ha	20 y 30 m	Flotación <i>bulk</i>	266 547	2 327 643
5	Presa 5	En abandono ^c	2.17 ha	5 m	Sin información	264 426	2 324 787

^a Se omite el nombre de las compañías mineras por motivos de confidencialidad.

^b Este sitio tiene 20 años de abandono.

^c Se estima un tiempo de abandono de, al menos, 50 años (Ramos-Arroyo & Siebe-Grabach, 2006); se encuentra localizada en la zona urbana del municipio, entre la carretera panorámica de Pozuelos y uno de los arroyos que es afluente del río Guanajuato que alimenta la presa La Purísima.

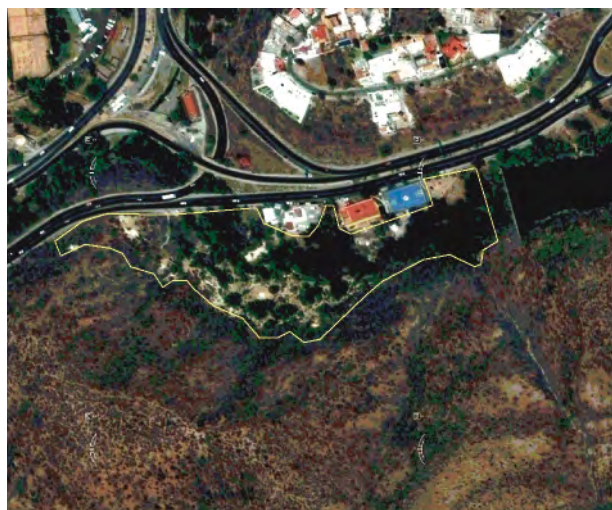
Imagen 1

Depósito de residuos mineros



Imagen 2

Delimitación de la presa de *jales* 5



Toma de muestras

Se siguieron dos procedimientos de muestreo en la presa dependiendo de los permisos otorgados por las compañías mineras: 1) directamente de la descarga; 2) en la presa. Los procedimientos para cada uno se describen a continuación:

Muestreo directo de la descarga líquida y de sólidos de la presa de jales 1⁴ (en operación)

La muestra de agua se tomó del tubo de descarga (ver imagen 3); se llenó un garrafón de plástico de 20 litros (l); ésta se mezcló de forma vigorosa para obtener muestras de 1 l que se colocaron en frascos individuales para obtener los parámetros de campo.

De los sólidos, se obtuvo una muestra compuesta, para lo cual se procedió a determinar cinco puntos de muestreo alrededor de la misma; lo que se obtuvo en cada una se homogeneizó en campo por el método de cuarteo con el fin de obtener

⁴ Derivado de las dimensiones de la presa de *jales* se identificaron dos zonas: una donde se ubican los *jales* más antiguos (imtemperezados) y otra, donde se descargan los recientes (líquidos); por lo anterior, se decidió tomar muestras de ambas, para compararlas con base en la NOM-141-SEMARNAT-2003 y NOM-052-SEMARNAT-2005, para determinar su potencial de generación de drenaje ácido y contenido de metales pesados, respectivamente.

Imagen 4

Toma de muestra en la parte oriente de la presa de *jales* 2



Imagen 3

Descarga en la presa de *jales* 1



2 kilogramos (kg) de muestra final para los análisis químicos y fisicoquímicos.

Muestreo de sólidos de la presa de jales 2 (en abandono)

Se recolectaron tres muestras en diferentes partes de la presa y a 1 metro (m) de profundidad (ver imagen 4); el método de homogeneización fue el

Imagen 5

Toma de muestra de la parte central del vaso de la presa



de cuarteo y se recuperaron 2 kg para los análisis correspondientes. Cabe mencionar que este sitio está cubierto en la parte superior con una capa de tepetate.

Muestreo en la presa de jales 3

Se llevó a cabo bajo el mismo criterio: se determinaron seis puntos para obtener una muestra representativa de los residuos, esto debido a que en algunos sitios, al momento de hacer la excavación,

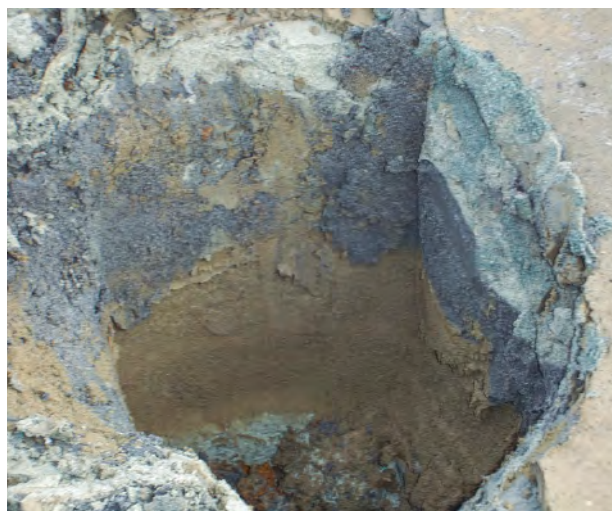
Imagen 7

Toma de muestra



Imagen 6

Diferentes capas de *jal* en la presa



se observó que el *jal* presentaba varias capas debido a que el material encajonante o mena de los minerales es distinta (ver imágenes 5 y 6).

Muestreo en la presa de jales 4

Como no se obtuvo acceso a la presa, sólo se tomó la muestra de forma directa de la planta de beneficio. Ante esta circunstancia, se procedió a llenar un garrafón de 20 l, el cual se llevó al laboratorio para los análisis físico-químicos.

Imagen 8

Coloración del *jal*



Muestreo en la presa de jales 5

Se colectaron cuatro muestras en distintos puntos de la presa y a diferentes profundidades para, después, realizar el método del cuarteo para la homogeneización y obtención de 2 kg de residuo (ver imagen 7). Durante el muestreo se observó que el residuo presentaba una coloración naranja a rojiza, lo cual indica la presencia de fierro (Fe) proveniente de la pirita, misma que ha sido reportada (Ramos Arroyo-Siebe Grabach, 2006) y, a su vez, es un indicador potencial de generación de drenaje ácido o de liberación de EPT (ver imagen 8). Por lo anterior, se decidió tomar una muestra del agua del arroyo que cruza el depósito con el fin de verificar si hay presencia de ácido o algún elemento potencialmente tóxico.

El cuadro 2 resume el tipo de muestra tomada para cada una de las presas.

Cuadro 2

Tipo de muestras

Núm.	Depósito ^a	Estatus	Toma de muestra		
			Presa	Descarga	Otro
1	Presa 1	En operación	x	x	
2	Presa 2	En abandono	x		
3	Presa 3	En operación	x		
4	Presa 4	En operación	x		
5	Presa 5	En abandono	x		x ^b

^a Se omite el nombre de la compañía minera por motivos de confidencialidad.

^b Toma de muestra de agua de arroyo.

Análisis de muestras

La metodología utilizada es la mencionada en la NOM-141-SEMARNAT-2003 para la caracterización de *jales* mineros:

- Prueba de extracción de constituyentes tóxicos, la cual tiene el propósito de caracterizar

la peligrosidad de los *jales* por su toxicidad mediante la extracción de metales y metaloides en *jales* con agua en equilibrio con CO₂; del extracto obtenido se cuantifican los metales y metaloides regulados en la NOM-052-SEMARNAT-1993 a través del método *Espectroscopía de emisión atómica inductivamente acoplada a plasma*.

- Evaluación del potencial de generación de ácido prueba estática, que tiene el propósito de caracterizar la peligrosidad de los *jales* por su reactividad. Consiste en definir el balance entre los minerales generadores en potencia de ácido y aquéllos potencialmente consumidores para determinar la capacidad neutralizante neta de los constituyentes del *jal*, bajo la base de la *Prueba de balance ácido-base para jales que contienen sulfuros de metales*.

Otros análisis realizados fueron los siguientes: pH, conductividad eléctrica y análisis mineralógico por espectroscopía de energía dispersiva de rayos X (EDX, por sus siglas en inglés: *Energy Dispersive X Ray*).

c) Análisis de vulnerabilidad

Vulnerabilidad intrínseca

La zonificación relativa de vulnerabilidad se obtuvo con apoyo de los estudios realizados por la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (Universidad Iberoamericana de León, 1999) y otros proyectos realizados en el acuífero de interés (Silao-Romita). En cuanto a los métodos utilizados en la zona se encuentran el DRASTIC y el AVI:

- DRASTIC (Aller & Bennet, 1987). La construcción del índice se basó en la determinación de siete parámetros hidrogeológicos a los que se les dieron dos valoraciones para su ponderación: un peso relativo (5 a 1) según fuera más o menos importante en su contribución a la contaminación y una escala (1 a 10) según el menor o mayor impacto sobre la vulnerabilidad.

El índice de vulnerabilidad se obtiene como el resultado de sumar los productos de los diferentes parámetros por su índice de ponderación:

$$\text{índice de vulnerabilidad} = DrDw + RrRw + ArAw + SrSw + TrTw + IrIw + CrCw$$

donde r es el valor obtenido para cada parámetro y w , el índice de ponderación.

- AVI. Es uno de los métodos más sencillos, fáciles y rápidos para cuantificar la vulnerabilidad, tan sólo utiliza la conductividad hidráulica y el espesor de las capas de diferente material que se encuentran sobre el nivel del agua (Báez Vázquez, 2001).

Es un índice para cuantificar la vulnerabilidad de un acuífero por medio de la resistencia hidráulica (C) al flujo vertical del agua al pasar por los diferentes materiales sobre el acuífero (Van Stempvoort, Ewert & Wassenaar, 1992).

$$C = . [bi / Ki] \text{ para las capas } 1,2,3,\dots,i$$

donde:

bi = espesor de cada capa sobre el acuífero.

Ki = conductividad hidráulica de cada capa.

C = resistencia hidráulica total (inverso de la conductividad hidráulica; tiene dimensiones de tiempo) indica el tiempo aproximado de flujo por unidad de gradiente de carga, que atraviesa el agua hacia abajo al pasar por varias capas de sedimentos, por encima del acuífero. A mayor C , menor vulnerabilidad.

Resultados

a) Análisis de muestras

pH en presas de jales

El cuadro 3 muestra los resultados de este análisis, donde destaca que el pH de la presa de *jales* 5 fue ligeramente ácido, el cual fue confirmado con la prueba de drenaje ácido, como lo marca la norma.

Cuadro 3

Resultados de pH de residuos mineros

Muestra	Sitio	pH
1	Muestra líquida presa 1 (en operación)	7.32
2	Muestra compuesta presa 1 (en operación)	7.73
3	Muestra compuesta presa 2 (en abandono)	7.86
4	Muestra compuesta presa 3 (en operación)	8.32
5	Muestra líquida presa de <i>jales</i> 4 (en operación)	7.62
6	Muestra compuesta presa 5 (en abandono)	4.50

Pruebas químicas en descargas

Los resultados de los análisis químicos de las descargas de las presas 1, 2 y 4 mostraron que los residuos depositados en ellas no presentan acidez respecto a lo indicado por la NOM-141-SEMARNAT-2003, es decir, el potencial de neutralización (PN)/potencial de acidez (PA) > 1.2. Los *jales* no son potenciales generadores de drenaje ácido; con respecto al pH, éste es casi neutro, la conductividad electrolítica baja y alto contenido de sólidos suspendidos totales, lo cual puede ser interpretado como normal o común dado el método de beneficio de estas minas (ver cuadro 4).

b) Concentración de metales

Los resultados del cuadro 5 fueron comparados con los límites máximos permisibles de la NOM-52-SEMARNAT-2005 con el fin de poder determinar si los *jales* mineros pueden ser considerados como residuos peligrosos.

Como se observa en el cuadro 5, al comparar la concentración de metales entre los sitios de estudio se encontró que están dentro de los límites permisibles marcados por la NOM-052-SEMARNAT-2005, por lo que, bajo sus criterios, se consideran como no peligrosos. Las muestras de *jales* en general no mostraron peligrosidad por concentración de metales; caso contrario se observa en la descarga en la presa 1, donde se rebasaron los límites en concentración de plomo, cromo y arsénico, lo cual fue importante analizar en la *Prueba balance-ácido-base* (ABA, por sus siglas en inglés).

Cuadro 4

Resultados de parámetros fisicoquímicos de la descarga

Prueba	Método empleado	Presa 1		Presa 4	
		Resultados	Unidades	Resultados	Unidades
pH	NMX-AA-008	7.32	---	7.62	---
Conductividad electrolítica	MNX-AA-093	205	mS/m	340	mS/M
Sólidos disueltos totales	NMX-AA-034	16 900	mg/l	23 968	mg/l
Sólidos suspendidos	MNX-AA-034	210 300	mg/l	94 000	mg/l
Cianuros	MNX-AA-058	< 0.0075	mg/l	< 0.0075	mg/l
Demanda química de oxígeno (DQO)	NMX-AA-030	3 214	mg/l	1 894	mg/l

Cuadro 5

Resultados de concentración de metales de la descarga en mg/l

Prueba	Método empleado	Presa 1	Presa 1 (en oper.)	Presa 2 (fuera de oper.)	Presa 3 (en oper.)	Presa 4 (en oper.)	Presa 5 (en abandono)	Límites máx. permisibles
Plata	EPA 6010B ^a	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.10	< 0.0523	< 0.052	5.0
Aluminio		4 716	0.82	2.44	< 0.11	830.25	0.22	
Arsénico		8.68	< 0.09	< 0.09	< 0.09	2.47	< 0.024	
Bario		12.99	0.16	< 0.16	< 0.16	2.02	0.13	100.0
Berilio		0.36	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.61	< 0.003	
Calcio		4 072	19.07	10.65	14.3	15.60	6.38	
Cadmio		0.74	< 0.004	< 0.004	< 0.004	0.28	< 0.002	1.0
Cobalto		2.02	0.06	< 0.004	< 0.004	0.44	< 0.0019	
Cromo		11.79	0.1	0.001	< 0.01	4.93	0.01	5.0
Cobre		5.99	0.29	0.29	0.29	1.77	0.03	
Fierro		3 754	0.57	1.80	0.44	1 112.0	0.28	
Potasio		12 464	35.22	35.22	11.69	133.14	< 0.22	
Magnesio		1 141.2	2.29	2.29	2.01	849.38	0.44	
Manganeso		127.82	0.42	0.42	0.39	116.39	< 0.0012	
Molibdeno		0.45	< 0.004	< 0.004	< 0.004	0.06	0.07	
Sodio		253.2	2.56	2.56	1.90	25.48	0.86	
Níquel		3.23	< 0.02	< 0.02	< 0.02	1.28	< 0.008	
Plomo		5.36	< 0.16	< 0.16	< 0.01	1.14	0.19	5.0
Antimonio		< 1.96	< 20	< 20	0.41	0.24	< 0.07	
Selenio		< 1.44	< 0.14	< 0.14	< 0.14	0.16	0.01	1.0
Talio	< 0.08	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.0042	0.01		
Vanadio	< 0.03	< 0.003	< 0.003	< 0.003	< 0.0017	-		
Zinc	12.28	0.13	0.13	< 0.13	3.13			
Estaño	3.39							
Mercurio	0.06	0.001	0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.008	0.2	

^a EPA 6010B 1996. Determinación de As, Ba, Cd, Cr, Ag, Pb y Se, por Espectrometría de emisión con plasma inductivamente acoplado.

c) Pruebas ácido-base

El análisis de las muestras se realizó con base en la norma NOM-141-SEMARNAT-2003 para la determinación del PN; se hicieron reaccionar los *jales* con ácido clorhídrico (HCl) a ebullición, lo cual sobreestima la capacidad de neutralización de éstos bajo condiciones ambientales, ya que el HCl caliente logra disolver carbonatos poco reactivos, como el de hierro (FeCO_3), que en condiciones ambientales no participan en el proceso de neutralización. Los resultados mostraron que las presas 3 y 2 (ésta sin operación) son las de mayor potencial de neutralización de 98.74 y 98.19 kg CaCO_3/t , respectivamente; caso contrario se observa en la muestra de la presa 5, la cual mostró un valor de 6.7 kg CaCO_3/t .

Para calcular el PA, se utilizó la prueba ABA, la cual sobreestima la capacidad de generar ácido de los *jales*, pues no todos los compuestos que contienen azufre pueden formar ácido sulfúrico. Los resultados indican que las muestras de las descargas de la mina hacia la presa 4 y la de la presa 1 tienen mayor potencial de generación de acidez con valores de 13.98 y 13.59 kg CaCO_3/t , respectivamente; por el contrario, la presa 3 apenas alcanzó un valor de 0.016 kg CaCO_3/t , lo cual se puede interpretar, de acuerdo con el criterio de la norma, que los *jales* mineros presentes en esta investigación no son generadores de drenaje ácido, como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6

Resultados de prueba ABA para sitios muestreados en el distrito minero de Guanajuato

Muestra	Potencial de neutralización (PN) kg CaCO_3/t	Potencial de acidez (PA) kg CaCO_3/t	Drenaje ácido PN/PA
Presa 1 (descarga)	83.19	13.59	6.12
Presa 1 (en operación)	94.23	2.4	39.26
Presa 2 (en abandono)	98.19	1.53	64
Presa 3 (en operación)	98.74	0.016	6 171
Presa 4 (en operación)	93.91	13.98	6.71
Presa 5 (en abandono)	6.7	0.5	13.4

Un punto que llama la atención en esta fase del trabajo es el pH de 4.5 en la presa 5, ya que, según la norma, no ocurriría un potencial de generación de drenaje ácido. Esto condujo a que se planteara este sitio como posible fuente de contaminación, por lo cual es necesario estimar la concentración total de metales, así como determinar las especies minerales presentes, con el fin de valorar la mineralogía y plantear un escenario de posible riesgo para el acuífero de Silao-Romita.

d) Identificación mineralógica por difracción de rayos X

En la muestra de la presa 5 de Pozuelos (dado que los sulfuros⁵ pueden ser liberados bajo procesos de oxidación y generar drenaje ácido o liberar EPT al ambiente), la determinación de difracción de rayos X se aplicó en el material tomado a distintas profundidades.

Los resultados reportados en las gráficas 1 y 2 muestran que la parte superficial de la presa 5 (imagen 9) está compuesta por cuarzo (Qz-SiO_2), cuprita ($\text{Cup-Cu}_2\text{O}$) y óxido de zinc (Oz-ZnO), lo que descarta la presencia de sulfuros, lo cual resulta lógico debido al *intemperismo* al que están expuestos, provocando su oxidación y arrastre por la lluvia. Al comparar la muestra compuesta tomada a 1 m de profundidad (imagen 10), ésta presenta un contenido mineralógico de cuarzo (Qz), pirita (FeS_2), arseniato de plomo-AP (PbAs_2O_6) y calcita (CaCO_3), lo que indica la presencia de sulfuros de hierro en la pirita, situación que se esperaba por el tipo de yacimientos del distrito minero de Guanajuato del que provienen estos residuos.

e) Especiación química

Una vez identificada la presencia de sulfuros, se muestreó de nuevo el sitio de interés para determi-

⁵ De acuerdo con las características del distrito minero de Guanajuato y su origen epitermal, se supuso la presencia de metales en forma de sulfuros, además del tiempo de abandono (más de 50 años) y a los métodos de beneficio cuando éstos no eran muy eficientes.

Imagen 9

Presas de *jales* 5



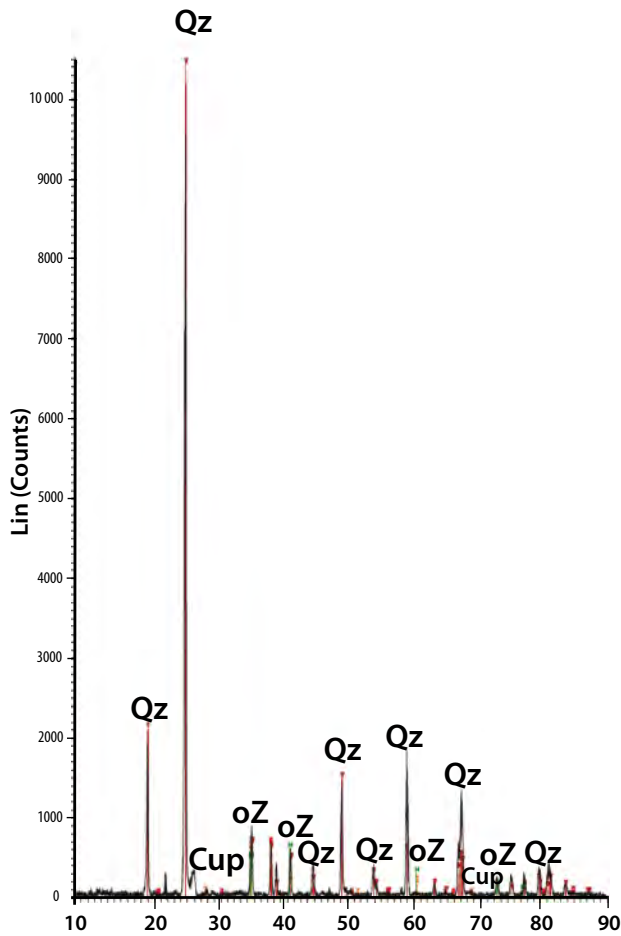
Imagen 10

Perforación para toma de muestra a 1 m de profundidad



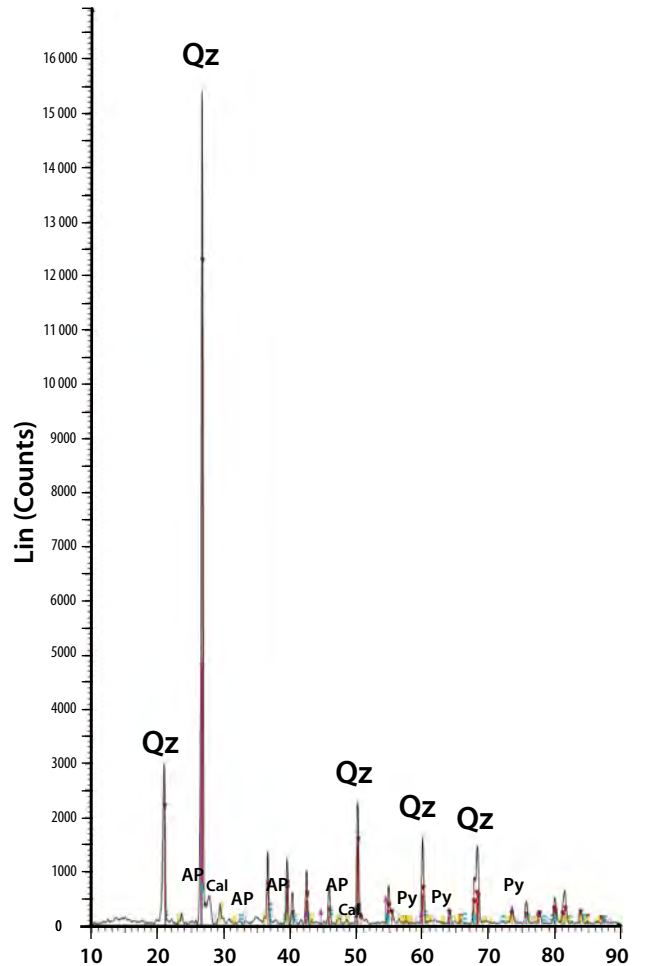
Gráfica 1

Difractograma de *jales* 5 en muestra superficial



Gráfica 2

Difractograma de *jales* 5 en muestra a 1 m de profundidad



nar el contenido total de EPT y determinar las especies químicas presentes en la presa 5 para valorar el potencial de contaminación del lugar.

El cuadro 7 muestra el resultado del análisis del contenido total de metales en la presa 5.

El contenido de metales muestra la presencia de alta concentración de fierro, situación que corrobora o incrementa la posibilidad de que se encuentre en su forma mineral de pirita como fuente de azufre y principal generador de drenaje ácido. Otro punto a resaltar es la presencia en concentraciones significativas de otros elementos potencialmente tóxicos, como el arsénico y plomo, además de altos contenidos en aluminio, calcio, zinc, magnesio y cobre, los cuales también fueron detectados en distintas fases minerales en las pruebas de difracción de rayos X.

Con base en lo anterior y las características de los *jales* presentes en la presa de Pozuelos, se puede determinar que las fracciones que interesan para los minerales (fierro, cobre, zinc, plomo), posiblemente asociados a sulfuros y generadores de drenaje ácido y liberación de elementos tóxicos, son metales intercambiables y metales unidos a sulfuros (ver gráfica 3).

Cuadro 7

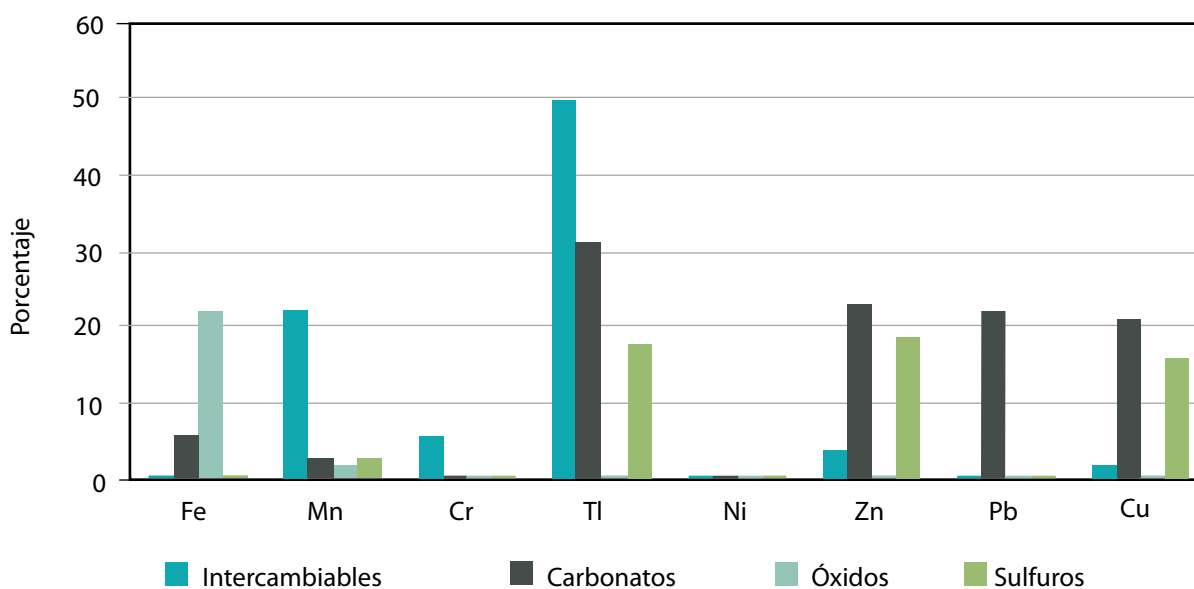
Concentración total de metales presentes en la muestra tomada de la presa 5

Prueba	Método empleado	Resultados	Unidades
Plata	EPA 6010B	5.95	mg/kg
Aluminio		282.99	
Arsénico		16.10	
Bario		19.10	
Berilio		0.09	
Calcio		163.15	
Cadmio		0.47	
Cobalto		0.30	
Cromo		8.29	
Cobre		11.97	
Fierro		4 209.61	
Potasio		10.82	
Magnesio		58.55	
Manganeso		0.06	
Molibdeno		3.22	
Sodio		9.75	
Plomo		53.39	
Antimonio		1.85	
Selenio	3.90		
Talio	4.14		
Vanadio	14.98		
Zinc	29.85		
Mercurio	0.18		

Los resultados marcan que 2% del fierro presente en la muestra está en la fracción intercambiable, al igual que la pirita en la de sulfuros. En el caso del

Gráfica 3

Especies presentes de los minerales más abundantes en la presa de Pozuelos



zinc, éste se encuentra en 4% como intercambiable y 19% como sulfuro o esfalerita; el cobre presenta 2.5% en fracción intercambiable y 17% como sulfuro o calcopirita; por último, el plomo está en 2% en fracción intercambiable al igual que en forma de sulfuro.

f) Vulnerabilidad intrínseca

La zona más crítica se localizó al poniente de la presa La Purísima, que se encuentra al sur del municipio (ver imagen 11), de manera más específica a la altura de las comunidades Santa Teresa y Las Pachonas.

Los índices DRASTIC van desde 170 a 190, que indican una alta vulnerabilidad debido a las características del sitio, ya que presentan materiales de granulometría, como conglomerados, los cuales muestran altos valores de conductividad; estos

aspectos predominaron sobre uno de los factores más determinantes, que es la profundidad del nivel piezométrico.

Con respecto al método AVI, el cual sólo consideró dos parámetros (el espesor y la conductividad hidráulica de las capas que se encuentran sobre el acuífero o nivel freático), se desarrolló considerando el estudio de GUYSA, SA de CV (1998) para obtener la representación gráfica de las zonas delimitadas con líneas de igual índice AVI. El mapa obtenido para esta investigación muestra que, de acuerdo con las características antes mencionadas para estimar este índice, el municipio de Guanajuato presenta una vulnerabilidad gradual que va de media a alta, presentando dos áreas críticas (vulnerabilidad alta), una en la parte norponiente cercana al Cerro del Cubilete y otra en la zona sur, cerca de la presa La Purísima (imagen 12), el resto del municipio presenta una tendencia de vulnerabilidad media con tiempos de transición de 20 a 50 días.

Imagen 11
Índice DRASTIC para el municipio de Guanajuato

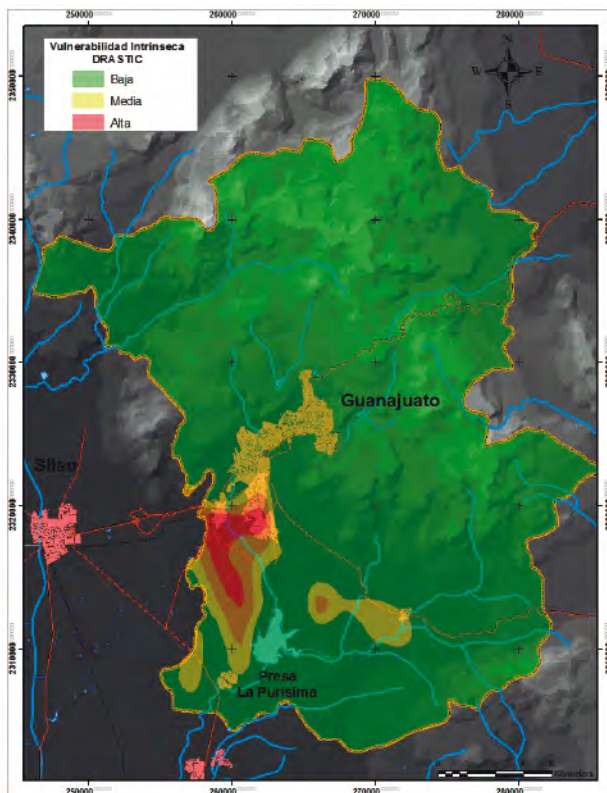


Imagen 12
Índice AVI para el municipio de Guanajuato

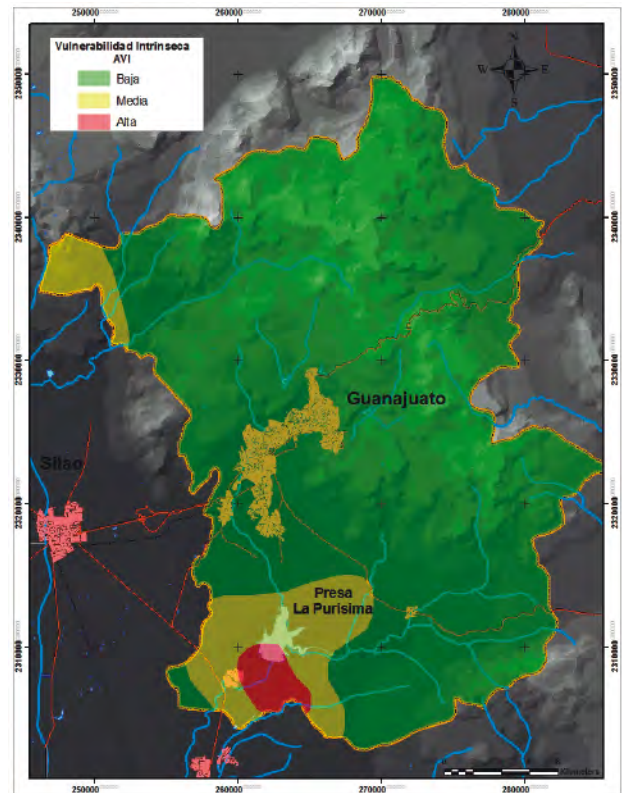
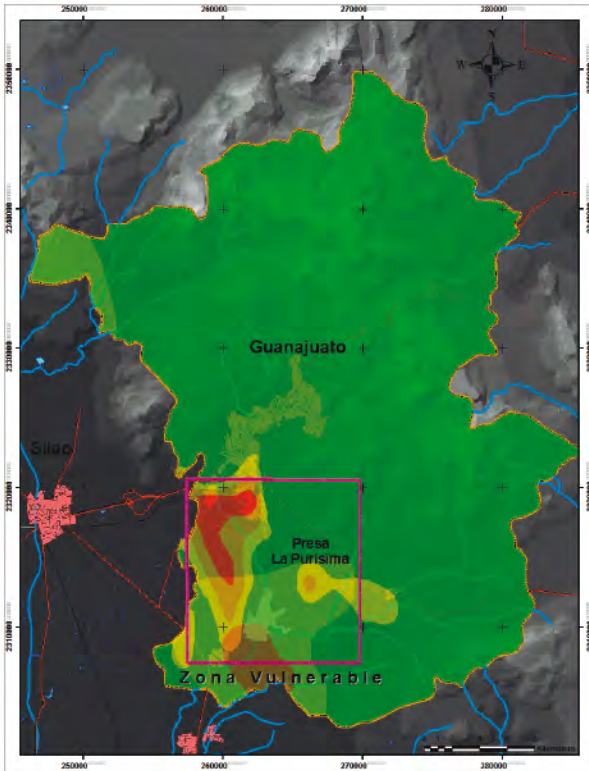


Imagen 13

Zona de alta vulnerabilidad intrínseca



g) Selección del sitio para evaluación de escenario

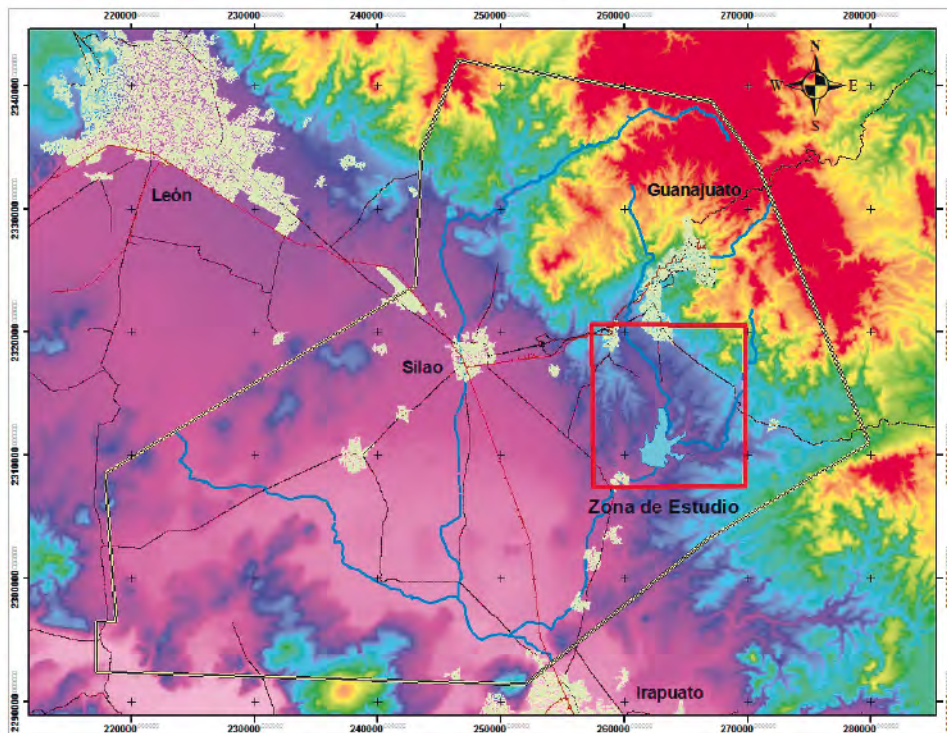
De acuerdo con los métodos DRASTIC, AVI y al flujo del río Guanajuato como principal medio de transporte de la fuente contaminante (presa de *jales 5*), el sitio se localizó al oriente del acuífero Silao-Romita, en la zona de influencia de la presa La Purísima, con una cobertura de 16 500 hectáreas (imágenes 13 y 14).

h) Generación de escenario

Una vez determinado el sitio, el escenario planteado utilizó los resultados físico-químicos de las muestras de la presa de *jales 5*, donde la prueba ABA indicó que este depósito no presenta capacidad de generación de drenaje ácido, pues su PN y PA (13.4) está por encima de 1.2, sin embargo, el pH del residuo fue de 4.5 (ligeramente ácido), lo que contrapone la información de la ABA.

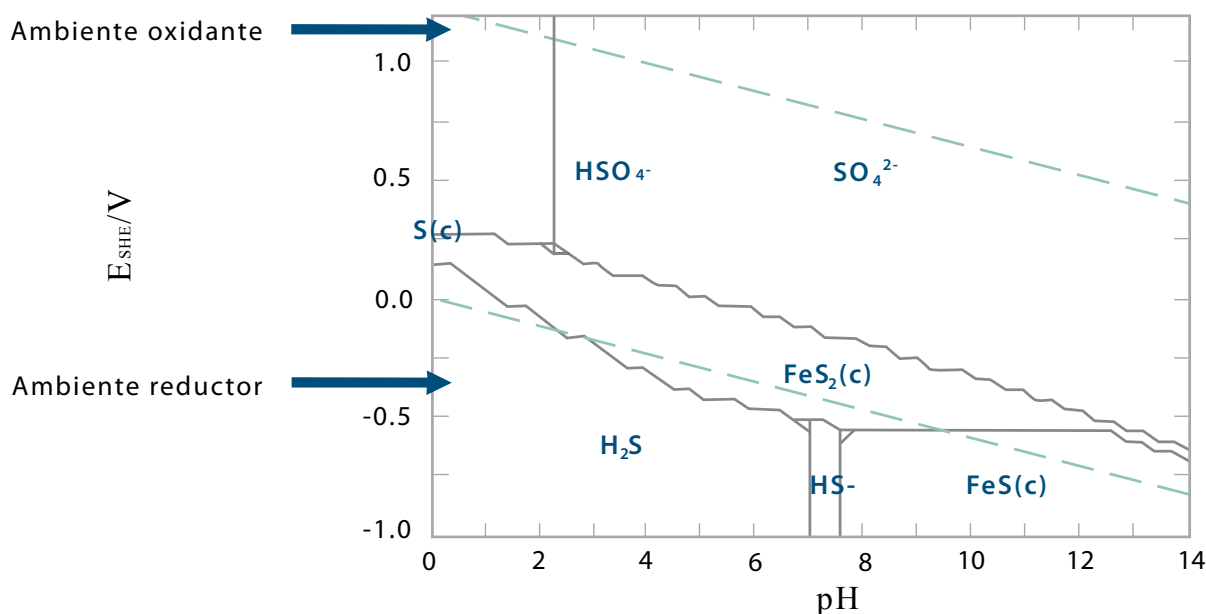
Imagen 14

Zona para evaluación de escenario



Gráfica 4

Diagrama Pourbaix del sistema pirita para Eh-pH



No obstante, otro mecanismo de liberación de contaminantes o de formación de drenaje ácido es por medio de la actividad microbológica propia del sitio donde, en el caso del distrito minero de Guanajuato, se ha reportado la presencia y actividad de *Thiobacillus ferrooxidans* (Camarena Pozos, 2009), cuya acción biológica descompone los sulfuros, libera metales y acidifica el agua, pues su fuente de energía proviene de la oxidación de los compuestos de azufre, el cual es reducido junto con el ion ferroso.

La gráfica 4 muestra qué parte del residuo encontrado en la presa de *jales* 5 está en condiciones de generar drenaje ácido pues, de acuerdo con el pH (4.5) y las condiciones del sitio (como la vegetación sobre el depósito, es decir, presencia de materia orgánica), se favorecerá un ambiente reductor mucho más factible en temporada de lluvias.

i) Estimación de residuos mineros

Calculada la cantidad de residuos en el depósito y con base en la información de la caracterización del *jal* (concentración, fracción intercambiable y de sulfuros de hierro en las muestras), se hizo una

aproximación en el contenido de pirita con potencial de generación de drenaje ácido y de liberación de EPT de aproximadamente 2 640 toneladas.

Conclusiones

De los sitios muestreados, y de acuerdo con la norma NOM-052-SEMARNAT-2005, tanto sus descargas como residuos depositados en las presas de *jales* no están liberando elementos potencialmente tóxicos al ambiente, dados los resultados de los análisis realizados; sin embargo, se destacan las descargas de la presa 1, la cual sobrepasa los límites máximos permisibles en arsénico, cromo y plomo, que se deberá verificar de manera más puntual en términos espaciales y temporales para establecer los escenarios de los posibles mecanismos de liberación o de transporte de sus contaminantes en el sitio, mismos que se analizaron para la presa 5 y que se mencionan en la segunda parte del presente artículo. Por otro lado, y de acuerdo con los resultados de los análisis realizados, la mayoría de las presas de *jales* en operación no están en condiciones favorables de formación de drenaje ácido ni de liberación de metales potencialmente tóxicos.

Cuadro 8

Estimación del volumen de *jales* en la presa de Pozuelos

Zona	Área (m ²)	Alto (m)	Volumen sección (m ³)	% de la sección	Volumen estimado (m ³)
1	4 416.4	6	37 485.3	35	13 119.8
2	7 491.8	11	93 570.7	65	51 463.9
3	4 242.5	4	14 602.2	100	14 602.2

Es de interés para el presente estudio que los *jales* antiguos (caso de la presa 5 ubicada en Pozuelos), donde los métodos de beneficio de la compañía minera que los depositó en su tiempo no eran tan eficientes como los actuales, se estimaron con al menos 50 años de abandono y se encuentran en una etapa de liberación al ambiente de elementos potencialmente tóxicos a través de diversos metales (como aluminio, arsénico, calcio, fierro, magnesio, plomo y zinc) y de drenaje ácido (pH 4.5) por actividad microbiológica propia del sitio.

Por lo tanto, es importante evaluar, mediante modelos matemáticos o *software* especializado (como *ModFlow*), el grado de riesgo que pudiera provocar este tipo de fuente contaminante hacia el acuífero Silao-Romita, principal fuente de suministro de agua para varios municipios del estado de Guanajuato, problema que se debe atender en un corto plazo por parte de la autoridad (ver cuadro 8).

Fuentes

- Aller, L., & T. Benne. *DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings*. Junio de 1987. Recuperado el 7 de enero de 2016 de US Environmental Protection Agency: [http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/20007KU4.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986+Thru+1990&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&\(DE\)](http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/20007KU4.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986+Thru+1990&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&(DE)).
- Báez Vázquez, A. *Validación de mapas de vulnerabilidad en medios urbanos*. Toluca, México, Instituto de Geofísica-Universidad Nacional Autónoma de México, 2001.

Camarena Pozos, D. A. *Reducción microbiológica de Hg+2 en suelos asociados a la actividad minera*. Tesis de maestría. Irapuato, Guanajuato, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), 2009.

CEAG, A. B. *Cotas de Guanajuato*. Noviembre del 2015. Recuperado el 1 de abril de 2016 en: <http://cotas-guanajuato.blogspot.mx/p/zona-centro.html>.

Comisión Nacional del Agua. *Incidentes importantes de presas de jales reportados por la Comisión Nacional del Agua (CNA) como emergencias atendidas debidas a derrames de residuos mineros*. México, CNA, 2002.

GUYSA, SA de CV. *Estudio hidrogeológico y modelo matemático del acuífero del Valle de León, México*. Informe técnico elaborado para CEAG, 1998.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). *Estadística de la industria minerometalúrgica mensual*. 22 de diciembre de 2015. Recuperado el 5 de enero de 2016 en: http://www.inegi.org.mx/saladeprensa/notasinformativas/2015/ind_miner/ind_miner2015_12.pdf

Lawrence, R. W. e Y. Wang. *Determination of neutralization potential in the prediction of acid rock drainage: Fourth International Conference on acid rock drainage*. Vancouver, BC, Canada, 1997.

Ramos Arroyo-Siebe Grabach, C. D. "Estrategia para identificar *jales* con potencial de riesgo ambiental en un distrito minero: estudio de caso en el Distrito de Guanajuato, México", en: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 2006.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). "NOM-141-SEMARNAT-2003. Que establece el procedimiento para caracterizar los *jales* así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y pos-operación de presas de *jales*", en: *Diario Oficial de la Federación*. México, DF, 17 de septiembre de 2003.

_____. "NOM-052-SEMARNAT-2005. Que establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso", en: *Diario Oficial de la Federación*. México, DF, 23 de junio de 2006.

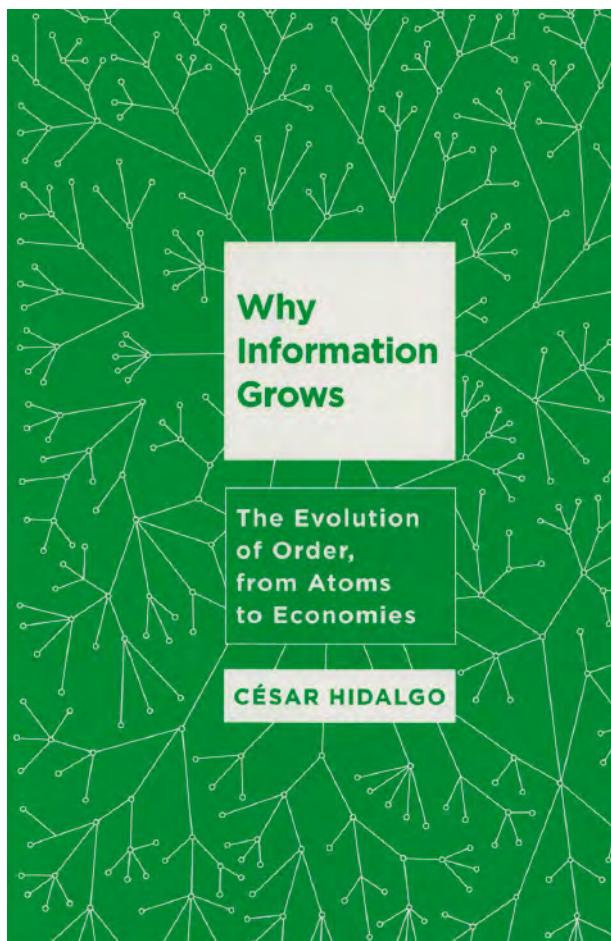
Universidad Iberoamericana de León. *Estructuración de mapas temáticos de índices de vulnerabilidad de las aguas subterráneas de las subcuencas de los ríos Turbio y Guanajuato, Gto.* Guanajuato, México, Comisión Estatal del Agua de Guanajuato, 1999.

¿Por qué crece la información?

Why Information Grows?

Reseña

Rodrigo Negrete Prieto*



Hidalgo, César. *Why Information Grows: the Evolution of Order, From Atoms to Economies*. New York, Basic Books, 2015.

“No hay mal que por bien no venga”, solemos decirnos, y es que los dichos y consejos nos resultan irresistibles por encerrar una codificación de una experiencia a lo largo de las generaciones difícil de refutar. Con todo y los trastornos ocasionados por la crisis económica global del 2008 y sus secuelas en distintos planos (sociales y políticos), no le vino mal al pensamiento económico contemporáneo sacarlo de sus falsas certezas, su arrogancia y solipsismo o negación de otros saberes —dentro o fuera de las disciplinas sociales— tan sólo por ser extraños a sus criterios axiomáticos, obedientes estos últimos más a una elegancia formal y a una agenda ideológica que a una realidad, como lo mostró la misma crisis. En ese tenor, Picketty, por ejemplo, vuelve a introducir la perspectiva histórica y pondera el viejo saber de la economía política, a la par que valora lo que la literatura decimonónica podría iluminarnos respecto a la inequidad y naturaleza inercial de un orden social basado en rentas, lo que revela no sólo un pasado curioso sino algo susceptible de reeditarse como una posibilidad no remota a futuro. Picketty es un

* Investigador adscrito al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Los contenidos de esta reseña reflejan una posición personal del autor y, por ende, no deben interpretarse como una postura oficial del Instituto.

temperamento clásico que vuelve su atención a saberes olvidados rescatando su pertinencia y relevancia para hacer otra lectura —y una advertencia— sobre nuestro presente.

Con *Why Information Grows...* (por qué crece la información) tal parece que ese *soul searching* entre economistas ha dado lugar también a otro tipo de pensadores ambiciosos e imaginativos, menos ocupados en una *arqueología* del saber que en conectar distintos campos del conocimiento y que, al hacerlo, logran articular realmente una nueva visión, aunque los elementos convocados no tengan que ser estrictamente vanguardistas: es el juntarlos bajo una nueva óptica y marco interpretativo lo que presenta al lector una nueva frontera. No otra cosa es lo que propone y comunica con bastante éxito César Hidalgo —chileno, de formación economista—, que por algo está a cargo del grupo *Macro Connections* del *Media Lab* del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), pues vincula, por un lado, las teorías físicas de la entropía de Boltzman, las de la información de Shannon y Weaver (esenciales a la tecnología informática contemporánea) o las de las estructuras disipativas del químico-físico Prigogine con, por el otro, la teoría de los costos de transacción de Coase, la sociología del capital social (Coleman, Schwartz, Granovetter, Putnam *et al.*) o la historicidad de la construcción de la confianza en las sociedades (Fukuyama) a todo lo cual suma hallazgos propios para enunciar lo que podrían ser los cimientos de una nueva teoría del desarrollo económico, ambiciosamente anclada en una visión mucho más amplia del universo físico y biológico y en una metáfora informática. Semejantes pretensiones invitarían, en 99% de los casos, a un fracaso descomunal a la hora de hacer un libro medianamente digerible y coherente, pero la agilidad, foco y buena prosa de Hidalgo logran el reto de transmitir su visión en 192 páginas estimulantes y amenas (218, si se le añaden las notas que corresponden a cada capítulo, tan interesantes como el texto principal).

El libro, sin duda, no tiene desperdicio y surge de un intento primigenio de redactar un texto heterodoxo sobre temas de desarrollo económico, pero cuya escritura fue alumbrando más y más ideas y la necesidad de inscribirlas en marcos de comprensión mayores de forma progresiva. Su escritura no dejó de ser una aventura intelectual que desemboca en algo distinto a lo que puso

en marcha originalmente al autor, proceso que describe muy bien en su *adendum* (*Bleeding words*).

En la Física Teórica, una singularidad es un punto del Universo en el que podrían colapsar las leyes físicas conocidas —tal como puede ocurrir en un agujero negro—; también, puede ser un islote dentro del cosmos que escapa a tendencias y contextos omnipresentes, como la ubicua aleatoriedad y la tendencia a un mayor desorden (una de las interpretaciones posibles de la entropía) o desembocadura en un punto de equilibrio literalmente muerto; sin embargo, los flujos de energía y ciertas formas de consumirla o procesarla rompen —aunque sea de manera momentánea— los equilibrios muertos: son estructuras e islotes que acusan un orden, y donde hay orden hay información, es decir, correlaciones sistemáticas de mediano y largo rango que, en un contexto meramente aleatorio, se presentarían con probabilidad ínfima.

La Tierra es uno de esos islotes resultado de la emergencia de un orden que desafía un caos. De algún modo, es un planeta que procesó la energía para, de hecho, añadir una nueva dimensión de orden al cosmos, como lo es la vida. Cada animal o planta está codificado en su ADN, donde se especifican las instrucciones para construir las proteínas y las secuencias de activación y diferenciación celular que le dan a cada especie e individuo su identidad. La muerte de un organismo comienza con la destrucción de algo esencial en su especificación o información hasta, literalmente, desaparecer en una nueva aleatoriedad molecular o punto de equilibrio (polvo, cenizas). El desarrollo de un organismo es el paulatino desenvolvimiento de información codificada, es decir, de un orden que define estructura y secuencia. La historia del planeta es, hasta ahora, la de una isla en el desolado Universo que no sólo desafía una y otra vez el caos aleatorio de su entorno, sino que ha cobijado una progresiva complejidad tras una estela de extinciones sucesivas que es lo que se describe a través de la evolución de la vida y los ecosistemas.

Hasta la primera mitad del siglo XX se pensaba que los actores en el cosmos eran básicamente dos: la materia y la energía, pero en realidad se trata de un trío: materia, energía e información; si bien esta última no tiene la ubicuidad de las dos primeras, es su preservación y creciente complejidad —más que su aparición en

sí— lo que es relativamente reciente dentro de la edad del cosmos de casi 14 mil millones de años.

¿Puede el desarrollo económico ser una derivación de estos procesos hacia un orden creciente, empero en modo alguno ubicuo? ¿En qué se parece y en qué no el desarrollo económico a esta tendencia a crear islotes de orden y creación de más información? Parecieran ser las preguntas que en algún momento de su escritura se hizo el autor. Si pensamos entre la diferencia de la información contenida en una lanza de palo y punta de pedernal u obsidiana con la contenida en la de un automóvil de infinidad de piezas y especificaciones para ensamblarlas, resulta evidente que el orden cultural es uno que ha añadido información al mundo; pero la información no sólo tiene que estar ahí, incorporada en los objetos: para ello tuvo que ser concebida, interpretada, desempacada y procesada, es decir, supone una capacidad computacional entendida en un sentido más amplio que el meramente tecnológico.

Desempacar la información que culmina en un automóvil es un proceso distinto a hacerlo de la contenida en una semilla que deriva en un árbol, la cual, una vez fecundada pasa por un proceso de interacción con el medio ambiente para que germine, pero ya no se precisan más interacciones con otros árboles similares o al menos no de manera directa. Sobra decir que se precisan de redes humanas para diseñar y producir automóviles, lo cual supone transacciones e interacciones culturales, es decir, no naturales. En ese sentido, no sólo el automóvil es un milagro de concreción de información que desafía al caos, sino de interacciones y transacciones que lo hicieron posible, siendo esto último algo todavía menos ubicuo. El que un vehículo pueda rodar en casi cualquier parte del mundo, pero que la capacidad para concebirlo y fabricarlo no, añade una condición específicamente humana al desarrollo económico como un fenómeno no distribuido de manera uniforme en la superficie del planeta, islotes contenidos dentro del más vasto islote humano entendido en su doble dimensión: histórica y geográfica.

El proceso de creación de información supone capacidades computacionales para concebir y procesar de una complejidad todavía mayor a la información en sí misma cristalizada en el objeto. Con todo, en la Naturaleza, información y capacidad computable mues-

tran cierta continuidad sin hiato o brecha a salvar entre ambas (la semilla para germinar tiene una capacidad de lectura, por así decirlo, de las condiciones ambientales), pero no es así en un contexto cultural. Hidalgo identifica las capacidades computables específicamente humanas bajo dos vertientes que discurren una al lado de la otra: el conocimiento explícito o *explicitable* (*knowledge*) y el tácito o reacio a transmitirse de manera discursiva (*know how*). Por ello, es distinto trasladar un Bugatti o un Ferrari por el mundo a las capacidades que los hacen posibles.

Una particularidad del conocimiento humano es que enfrenta límites para ser almacenado y transmitido a nivel de una persona. De hecho, una parte no despreciable de la adquisición, transmisión e incremento del conocimiento surge de la interacción dentro de un grupo, lo cual le da un inequívoco carácter social. El enfoque de los costos de transacción (Coase) establece que, desde una lógica económica, es mejor mantener ciertas interacciones dentro de un grupo que por medio de interacciones de mercado que impliquen búsquedas de proveedores y contratos para cualquier tipo de operación por pequeña que ésta sea. Como se sabe, dicho enfoque es la mejor teoría económica para explicar el surgimiento de las firmas o empresas, pues a su interior hay más fluidez de interacción que la que podría proporcionar el mercado. El tamaño de la firma llega hasta donde no se alcanza tal fluidez o hasta el punto donde una transacción de mercado resulta más económica que tratar de reproducir lo que el mercado ofrece al interior de la firma. Por ésta y otras razones también hay un límite de adquisición, almacenamiento y transmisión de conocimientos aún al interior de un grupo que opera en el paisaje económico.

Hay una masa crítica en el tamaño del grupo que no se puede rebasar y eso acota, a su vez, el conocimiento que puede albergar. La teoría formulada en la década de los 30 (*On the Nature of the Firm*, 1937) llega hasta aquí, pero la producción de bienes y servicios altamente complejos, con un elevado contenido de información requiere una colaboración más allá, es decir, una participación entre firmas, lo cual implica la conformación de redes de cooperación, tal es el caso de *Silicon Valley* o de la eclosión y expansión de la industria informática y de telecomunicaciones, donde firmas competitivas tuvieron que colaborar para gene-

rar toda una serie de estándares sin los cuales su éxito global hubiese sido inconcebible.

La explicación ortodoxa tipo *Austrian Economics* (Hayek) de la colaboración sería que los precios de mercado generan la necesaria coordinación espontánea entre los actores (desde las firmas hasta las personas). Ello supone que el mercado decide las posibilidades de interacción entre los agentes, pero el hecho es que muchas maneras de vincularse a los mercados ocurren desde grupos formales o informales ya establecidos. En el acceso al mercado de trabajo, por ejemplo, sigue siendo decisivo informarse de las oportunidades y acceder a ellas a partir de redes de conocidos que por mecanismos impersonales o, incluso, en buena parte del mundo desarrollado, los proveedores de capitales *semillas* para el emprendimiento son las familias, antes que los mercados financieros: hay nodos de interacción social que preceden o determinan cómo fluirá la interacción económica.

Esto, de forma inevitable, conduce la reflexión al pensamiento sociológico y, en concreto, a las teorías del capital social. Desde su perspectiva, los mecanismos de mercado, su desarrollo y expansión derivan de una configuración del paisaje en términos de las interacciones grupales existentes y del contexto de confianza que las facilita o dificulta. Las configuraciones sociales determinan las posibilidades iniciales del mercado y no al revés, más allá que se ingrese *a posteriori* en una fase de debilitamiento de lo social que lleve a subsumir todo tipo de interacción a la económica, punto desde donde, al parecer, razonan los economistas, no los historiadores, sociólogos o antropólogos.

Una consideración interesante al respecto que nos ofrece el autor es la diferencia, por ejemplo, entre economías de empresas familiares y las de corporaciones no definidas desde lazos consanguíneos. Las capacidades de crecimiento del grupo en el primer caso —y con ella la de producción, almacenamiento y difusión de conocimiento— son menores que en el segundo, que se basan en mayor medida en la cooperación entre no parientes. Así, siendo por ejemplo la italiana una economía en muchos sentidos sofisticada (empresa familiar), no se especializa en una producción/exportación tan intensiva en conocimiento como la alemana. Al mismo tiempo, esta cooperación entre extraños que dio luz a la corporación moderna facilita más la cons-

trucción de redes entre firmas o corporaciones ya sean competitivas o complementarias. Una economía de empresa familiar no deja de acusar una desconfianza hacia los extraños con quienes se espera (o más bien se teme) que muchas de las interacciones sean de suma-cero.

Es inevitable pensar aquí en un teórico no citado por Hidalgo como lo es Marshall Berman y su célebre reflexión sobre la naturaleza de la modernidad.¹ Para Berman, la modernidad consiste, en buena medida, en un proceso sistemático en el que los extraños se topan entre sí y se ven obligados a reconocerse mutuamente, trascendiendo así los lazos comunitarios primigenios de familia, clan, tribu o religión e invitando a un nuevo nivel de encuentro e interacción un paso más allá de identidades dadas o de origen. Las sociedades que dominan la gramática de la modernidad son, pues, las que su contexto histórico y tramado institucional facilitan el encuentro y la cooperación entre extraños, uno de cuyos correlatos es la conformación de redes más amplias de interacción con más capacidades y posibilidades cognitivas, es decir, con más capacidades para incrementar la información y servirse de ella.

Las diferencias en los niveles de desarrollo son no tanto en términos de la dotación de factores (las proporciones entre tierra, trabajo y capital), sino en las capacidades para llevar a la realidad lo imaginado —en un entorno cultural, estamos rodeados de objetos que alguna vez sólo existían en la cabeza de alguien (*crisales de imaginación*)— lo que, una vez plasmado, incrementa nuestras capacidades de acción, entre ellas las de procesamiento de más y nueva información para volver a cristalizar en realidades niveles progresivos de lo imaginado, todo ello en un proceso autocatalítico (capacidad para preservar e incrementar) o de espiral ascendente que va generando y ampliando sus plataformas de posibilidades. Una economía es esa capacidad computacional distribuida entre redes de procesamiento, y la complejidad de esas redes determina las posibilidades incrementales de creación y consumo de información.

Hidalgo, más allá de ofrecernos una nueva visión del proceso de desarrollo y por qué éste es autocatalítico y no ubicuo (amén de las posibilidades que ello tenga para la teoría de la localización de *clusters* industriales o *New Economics Geography*), nos proporciona en la sec-

¹ "Todo lo sólido se desvanece en el aire", 1983.

ción cuarta del libro los elementos para someter a prueba su propuesta o perspectiva (en términos de filosofía de la ciencia, someter a prueba es formular un contenido falsable, es decir, una hipótesis que describe las condiciones de su refutación en vez de brincar a una reinterpretación si no sucede lo que predice²). En particular, en el capítulo 10 (*The Sixth Substance*), el autor enuncia las limitaciones e insuficiencias de la productividad total de los factores (PTF) como predictor de la capacidad de crecimiento de las economías en el largo plazo, contrastando con una alternativa falsable que responde al enfoque que propone.

La PTF es una construcción matemática donde se trata de detectar si la contribución de los factores de la producción (tierra, capital, trabajo) va más allá de la suma de las partes. Ése, más allá, es un residual que los economistas identifican de distintas maneras: progreso técnico, eficiencia X : una sinergia no directamente localizable. Hidalgo remite a la crítica de Leontief a los agregados de contabilidad nacional desde donde se construye la PTF, pues al poner un énfasis más en los *stocks* que en la diversidad subyacente, “estos factores añaden manzanas y naranjas, estufas con refrigeradores, diseñadores gráficos con ingenieros en electrónica”. Así, no importa que en la ecuación se calibre mejor añadiendo más variables, como el capital humano o, incluso, si cabe, el capital social, porque cada uno al agregar pierde la información sobre diversidad y especialización que le subyace.

Para Hidalgo, la clave de todo es encontrar una métrica de esa complejidad cognitiva subyacente que transmita capacidad tanto para la diversidad como para hacer lo que pocos hacen ya sea a nivel de países o de regiones. Sin apelar a un lenguaje formalizado sino a gráficos, el autor ilustra cómo se puede construir esa métrica de la complejidad haciendo uso de estadísticas de comercio exterior (aunque de forma alternativa podría también construirse desde la diversidad ocupacional). Así, la ca-

2 Esa capacidad de una hipótesis para aceptar la posibilidad de ser refutada y de enunciar las condiciones de su refutación es el llamado criterio de demarcación que estableció Karl Popper (1902-1994), uno de los arquitectos más reconocidos de la filosofía de la ciencia. Para Popper, por ejemplo, el marxismo y el psicoanálisis en la demarcación quedan del lado de las pseudociencias porque siempre tienen a la mano una nueva interpretación si las cosas no salen como predicen. No es una casualidad que tanto marxismo como psicoanálisis se subdividan en tantas vertientes o escuelas, cada una a partir de una variante interpretativa.

pacidad predictiva de dicha métrica del crecimiento de las naciones desde la década de los 80 supera a los de PTF. Cabe añadir que las implicaciones de esto pueden ser muy amplias. Su línea de regresión podría establecer, por ejemplo, una nueva manera de ajustar magnitudes agregadas como el producto interno bruto a largo plazo o potencial.

En fin, son tantas las ideas y conceptos condensados en una obra como ésta que uno no puede dejar de verla como la ilustración en sí misma de un ir y venir de su autor a lo largo de redes de conocimiento multidisciplinario en un ecosistema llamado MIT que permite su fluido intercambio. Por otra parte, es posible que el libro sucumba de alguna manera a subsumir todo en una nueva metáfora producto del espíritu de nuestro tiempo y que con él fenezca: la era de la información y de la computación que desde nuestra perspectiva actual avanzan de manera irresistible.

Esta dependencia con respecto a la metáfora en boga ha sido analizada de manera brillante por Mary Midgley³ cuando describe cómo la metáfora inspiradora, a la vez que despierta la imaginación, crea sesgos y anteojeras que terminan convirtiéndose en la metafísica que la comunidad científica profesa sin percatarse de ello; metafísica que influye sobremanera en las ideas, criterios, enfoque y discurso de dicha comunidad. Pero, en todo caso, es hora de reformular ese trasfondo.

Es claro que, al menos para el pensamiento económico, ya habían dado de sí las metáforas del materialismo mecanicista, las del atomismo físico, así como las del conductismo de incentivo/estímulo/respuesta que, o le vieron nacer, o le han acompañado. Habrá que agradecerle a César Hidalgo al menos esta renovación de la metáfora y haberlo hecho, además, con esa audacia de conectar lo que los especialistas no hacen por privilegiar la exploración del sonido de su instrumento sobre el de la sinfonía o la lupa a la panorámica. Después de todo, la ciencia nunca ha sido una mera colección de hechos, sino una capacidad de encontrarlos a partir de nuevas disposiciones imaginativas: antes de los hechos hay que dar ese paso.

3 *Metaphors We Live By*, 2003.

Colaboran en este número

Carolina A. Ochoa-Martínez

Es maestra en Estadística Aplicada por la Universidad Veracruzana (UV), especialista en la modelación estadística de los efectos del cambio climático en diferentes sectores económicos. En la actualidad, es académica de la UV y cursa el Doctorado en Ingeniería en esa misma casa de estudios con el tema de investigación *Detección de los posibles cambios en los eventos extremos de precipitación en el estado de Veracruz y su posible relación con los desastres hidrometeorológicos*. Es miembro de la Red de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos (REDESClim) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Contacto: caochoa@uv.mx

Cecilia Conde-Álvarez

Es doctora en Ciencias de la Tierra por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Se desempeña como coordinadora general de Adaptación al Cambio Climático en el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Es experta en cambio y variabilidad climáticos, así como en vulnerabilidad y adaptación. Es miembro de la REDESClim del CONACYT.

Contacto: conde@unam.mx

Carlos Manuel Welsh-Rodríguez

Es doctor en sostenibilidad por la Universidad Politécnica de Catalunya. Es experto en sustentabilidad y cambio global. Se desempeña como investigador de la UV. En la actualidad, es responsable local del proyecto Dengue y Cambio Climático, financiado por la *National Science Foundation* de los Estados Unidos de América. Es miembro del Comité Técnico Académico de la REDESClim del CONACYT.

Contacto: cwelsh@uv.mx

Gladis Yañez-Garrido

Es maestra en Neuroetología por la UV. Se desempeñó en el área de vinculación universitaria con el sector público. Actualmente, cursa el Doctorado en Ecología Tropical en el Centro de Investigaciones Tropicales de la UV con el tema de investigación *Restauración y conservación ecológica*. Es becaria del CONACYT.

Contacto: gladis.yanez@gmail.com

Marco Aurelio Morales-Martínez

Es biólogo por la UV. En la actualidad, es estudiante de la Maestría en Desarrollo Regional Sustentable en el Colegio de Veracruz. Colabora con el grupo de trabajo Cambio Global del Centro de Ciencias de la Tierra de la misma casa de estudios en diversos proyectos de investigación.

Contacto: marcomm1@gmail.com

Ismael del Carmen Sandoval-Montes

Es ingeniero geólogo (1984) por la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y maestro en Ciencias con Especialidad en Geología por el mismo Instituto; ha llevado las especialidades en ciencias de la Tierra aplicadas a la cartografía y sistemas de información geográfica y su aplicación en cartografía hidrológica por parte del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Ha publicado artículos de investigación en revistas nacionales e internacionales y participado como ponente en diferentes congresos de hidrología; es revisor de artículos para revistas nacionales y evaluador de proyectos. En la actualidad, colabora en la Dirección Regional Sur del INEGI en la elaboración de la información hidrológica de aguas subterráneas.

Contacto: ismael.sandoval@inegi.org.mx

José Alfredo Ramos Leal

Es ingeniero geólogo egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en 1989. Tiene estudios de posgrado (maestría y doctorado) en el Instituto de Geofísica de la UNAM. Se ha desarrollado en el área de hidrogeología. Ha publicado artículos en revistas nacionales e internacionales; es coautor de capítulos de libros y de libros; además, es revisor de artículos en revistas internacionales, así como proyectos del CONACYT. Ha dirigido tesis de doctorado, maestría y licenciatura. Ha participado en numerosos proyectos como colaborador en la Comisión Federal de Electricidad, el Instituto de Geofísica-UNAM, CIIDIR-IPN, CEGEO-UNAM, UADY, ITESM, COLSAN e IPICYT. En la actualidad, es investigador titular "B" en la División de Geociencias Aplicadas del IPICYT; pertenece al Sistema Nacional de Investigadores con nivel I.

Contacto: jalfredo@ipicyt.edu.mx

Janete Morán Ramírez

Es química farmacéutica bióloga por la Universidad del Noreste (2010) y tiene la Maestría (2012) y el Doctorado (2016) en Ciencias por el IPICYT. Su línea de interés es la hidrogeoquímica aplicada. Publicó un libro y diversos artículos en revistas indexadas y ha presentado sus trabajos en foros nacionales e internacionales. También, ha impartido cursos y talleres en universidades e instituciones nacionales e internacionales.

Contacto: janete.moran@ipicyt.edu.mx

David Magaña Lemus

Es doctor en Economía Agrícola por la *Texas A&M University*. Actualmente se desempeña como subdirector de Investigación Económica en los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA-Banco de México) y como profesor de cátedra en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Sus áreas de interés son mercados agroalimentarios, dinámica de precios, análisis de demanda del consumidor y métodos cuantitativos para realizar investigación económica aplicada.

Contacto: dmagana@fira.gob.mx

Saúl Edén Córdova De la Cruz

Ingeniero biotecnólogo ambiental, egresado de la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG) en 2011; obtuvo la especialidad en Gestión Integral de Empresas Industriales (2013) y la Maestría en Gestión de Proyectos y Eficiencia Energética (2014) en la UAG, Campus Tabasco. En la actualidad, labora en la Dirección de Soluciones Tecnológicas, del Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC) del CONACYT.

Contacto: scordova@ciatec.mx

José de Jesús Esparza Claudio

Estudió la carrera de Ingeniero Agrónomo en Irrigación en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (1999) y tiene estudios de Maestría en Ingeniería Ambiental (2011) por el Posgrado Interinstitucional en Ciencia y Tecnología (PICYT) del CONACYT. Ha sido colaborador en la publicación de cinco libros y publicó dos artículos nacionales. Es coordinador de la línea de investigación *Conservación y manejo del recurso hídrico en zonas de alta vulnerabilidad* del Programa de Investigación de Largo Aliento (PILA) del CONACYT.

Contacto: jesparza@ciatec.mx

Rodrigo Negrete Prieto

Es licenciado en Economía por la UNAM. En el ámbito laboral, fue director de Encuestas en Hogares del INEGI y miembro de grupos de expertos internacionales por parte de la Organización Internacional del Trabajo, la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos con el fin de discutir y actualizar los marcos conceptuales para la medición estadística tanto del trabajo en general como del empleo informal en particular. A partir del 2009, es integrante del área de investigación del INEGI. Ha publicado más de una veintena de artículos en revistas especializadas y de debate a nivel nacional.

Contacto: rodrigo.negrete@inegi.org.mx

**Lineamientos para publicar en
REALIDAD, DATOS Y ESPACIO.
REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA**

Los trabajos presentados a REALIDAD, DATOS Y ESPACIO. REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA deberán tratar temas de interés relativos a la situación actual de la información estadística y geográfica.

Sólo se reciben para su posible publicación trabajos inéditos, en español o inglés. Por ello, es necesario anejar una carta dirigida al editor de REALIDAD, DATOS Y ESPACIO. REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, en la que se proponga el artículo para su publicación y se declare que es inédito y que no se publicará en otro medio. En esta carta deben incluirse los datos completos del autor o autores, institución, domicilio completo, correo electrónico y teléfono. El envío de los artículos debe dirigirse a la atención de la M. en C. Virginia Abrín Batule, virginia.abrin@inegi.org.mx (tel. 5278 10 00, ext. 1161).

Los trabajos se tienen que presentar en versión electrónica (formato *Word* o compatible), en la cual se incluyan las imágenes, gráficas y cuadros (en el formato de los programas con que fueron generados y en archivos independientes, tales como Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, TIF, EPS, PNG o JPG, con una resolución de 300 dpi y en un tamaño de 13 x 8 cm). Las expresiones y/o algoritmos, enviarlas con el formato anterior. Se sugiere una extensión de 15 cuartillas, tipo de letra Helvética, Arial o Times de 12 puntos e interlineado de 1.5 líneas.

Los artículos deben incluir: título del trabajo, nombre completo del autor o autores, institución donde trabaja y cargo que ocupa, teléfonos, correo electrónico, breve semblanza del autor o autores (que no exceda de un párrafo de cinco renglones), resúmenes del trabajo en español e inglés (que no excedan de un párrafo de 10 renglones), palabras clave en español e inglés (mínimo tres, máximo cinco) y bibliografía u otras fuentes.

Las referencias bibliográficas deberán presentarse al final del artículo de la siguiente manera: nombre del autor comenzando por el o los apellidos; título del artículo (entrecomillado); título de la revista o libro donde apareció publicado (en cursivas); editor o editorial; lugar y año de edición. En el caso de las fuentes electrónicas (páginas *Web*) se seguirá el mismo orden que en las bibliográficas, pero al final entre paréntesis se pondrá DE (dirección electrónica), la fecha de consulta y la liga completa. Omitir las que se mencionen como notas a pie de página.

Todos los artículos recibidos serán sometidos a evaluación y el proceso de dictaminación será de acuerdo con la metodología de doble ciego (autores y dictaminadores anónimos).

**GUIDELINES FOR PUBLISHING IN
REALITY, DATA AND SPACE.
INTERNATIONAL JOURNAL OF STATISTICS AND GEOGRAPHY**

The papers submitted to Reality, Data and Space. International Journal of Statistics and Geography, must deal with issues of interest relating to state-of-the-art statistical and geographical information.

Only unpublished works, in English or Spanish will be accepted for possible publication. Therefore, it is required to attach a letter addressed to the Publisher of Reality, Data and Space. International Journal of Statistics and Geography, proposing the article for publication and stating it is unpublished material and it will not be published in any other way. The letter must include the full details of the author or authors, institution, full address, e-mail and telephone number. The dispatch of the articles should be directed to the attention of the M. C. Virginia Abrín Batule, virginia.abrin@inegi.org.mx (tel. 5278 10 00, ext. 1161).

Contributions must be submitted in electronic format (Word format or compatible), containing the images, charts and tables (in the original format of the software they were created on, and in separate files, such as Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, TIF, EPS, PNG or JPG, with a resolution of 300 dpi and a 13 x 8 cm size of). The equations and or the algorithm send it in the same form. An extension of 15 pages, Helvetica, Arial or Times 12 points typeface, and a spacing of 1.5 lines is suggested.

The articles should include: title, full name of the author or authors, institution where he/she works and her/his position, phone, e-mail, a brief biography of the author or authors (not exceeding a 5 lines paragraph), summaries of the work, in English and Spanish (not exceeding a 10 lines paragraph), keywords, in English and Spanish (minimum 3, maximum 5) and bibliography reference list.

Bibliographical references must appear at the end of the article as follows: Author's name beginning with the surname; article's Title (in quotation marks); Title of the magazine or book where it was published (in italics); Publisher or editorial; house and year of the edition. In the case of electronic sources (Web pages) it will be used the same arrangement as for bibliographical references, but it will be followed by the mention DE (dirección electrónica, in Spanish) between brackets, the date of consultation and the full link.

All contributions received will be subject to evaluation and the approval process will be carried according to the methodology of double-anonymity (anonymous authors and adjudicators).

Las mujeres en México

En México:
en 2013, de
29 millones
de personas
ocupadas,
43.8%

son mujeres.

En 2014, la participación de las mujeres en el personal ocupado fue:

51.3%
del sector
Comercio
al por menor



47.9%
del sector
Servicios
privados no
financieros



34.5%
del sector
Manufacturas



**13% del
sector
Transporte**



**11% del
sector
Construcción**



En 2014, el valor del trabajo no remunerado de labores domésticas y de cuidados de personas representó 18% del Producto Interno Bruto.

Carga total de trabajo de las mujeres:

2 930
millones de
horas de
trabajo total
a la
semana

54.7% de la carga
total de trabajo.

20.6%
más horas de
trabajo total
que los
hombres.



65%
de su trabajo
total se integra
por labores no
remuneradas
en el hogar.



32.3%
de su trabajo
total se destina
al trabajo
remunerado.



Fuente: INEGI. Censos Económicos 2014.
— Sistema de Cuentas Nacionales de México. Cuenta Satélite del Trabajo no Remunerado de los Hogares en México 2014. Preliminar. Año base 2008.
— Encuestas Económicas Nacionales 2014.

