

MODELO DE BIENESTAR FAMILIAR, MEDIO AMBIENTE Y SALUD EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA

Isabel Selene Benítez Ávila¹

Alicia Sylvia Gijón Cruz²

RESUMEN

1. BREVE PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se evaluó la contaminación en los granos de maíz por metales pesados procedentes aguas residuales y su influencia en el gasto en salud y el bienestar de los hogares. Se utilizó una función de bienestar familiar obtenida de la base de datos de una encuesta probabilística de hogares; y una función del gasto en salud que utiliza tanto la base de datos de la encuesta como los resultados de análisis de metales pesados. Las fuentes de contaminación del agua de riego son aguas residuales procedentes de una localidad ubicada aguas arriba del río Aguila y en los pozos las letrinas y fosas sépticas.

2. CONCLUSIONES PRELIMINARES

Se determinó la influencia en el gasto en salud de los hogares de San Pablo Huitzo, Oax. del contenido de níquel en los granos de maíz. El maíz como básico principal constituye una fuente níquel en dieta y la contaminación por metales pesados procedente de las aguas residuales resultó ser irrelevante. Asimismo, la deficiencia de níquel tiene una influencia similar a la de las principales enfermedades en el gasto en salud. Los modelos de bienestar familiar y gasto en salud permiten analizar de manera consistente la relación entre bienestar, medio ambiente y

¹ Químico Farmacéutico Biólogo, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, celular: 9511136428, e-mail: ene.b.a1218@gmail.com

² Doctora en Ciencias, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, celular: 9511352020, e-mail: agijoncruz@gmail.com

salud en los hogares; estos modelos utilizaron datos socioeconómicos, del contenido de metales pesados y enfermedades. Los hallazgos colaterales sobre los metales pesados resultaron de mayor importancia académica y social que la propuesta original basada en la contaminación por aguas residuales.

3. PALABRAS CLAVE: Gasto en salud, bienestar familiar, metales pesados, maíz.

INTRODUCCION

San Pablo Huitzo la comunidad de estudio se localiza al noroeste de la región de los Valles Centrales del estado de Oaxaca a una altitud de 1,700 metros. Contaba con una población total de 5,519 habitantes y los hogares tenían en promedio 3.79 miembros de acuerdo al censo de población y vivienda 2010 del INEGI. El río Águila uno de tributarios del río Atoyac, el cual se forma en esta localidad, recibe aguas residuales sin tratamiento procedentes de San Francisco Telixtlahuaca ubicada aguas arriba; por esta razón, el agua de río sólo se utiliza para el riego de cultivos.

Se presenta un modelo que analiza la relaciones entre bienestar familiar, medio ambiente y salud; específicamente explica el efecto del contenido de metales pesados encontrados en los granos del maíz cultivado en San Pablo Huitzo. Se consideran como variables independientes: las características socioeconómicas procedentes de una encuesta probabilística aplicada a jefes de hogares; las concentraciones de metales pesados obtenidas a partir de análisis químicos; enfermedades y consumo de alimentos que se consideran como factores alternativos a la contaminación por aguas residuales. Los resultados muestran que el bienestar (la variable dependiente) se explica principalmente por variables sociodemográficas (edad promedio y escolaridad promedio) y por el ingreso neto de los negocios de servicios. La ausencia de las variables ambientales en este modelo indica que no existe un efecto estadísticamente significativo de éstas sobre el el bienestar familiar. El segundo modelo utiliza el gasto en salud

empleado como variable dependiente y tiene como variables explicativas el número de miembros enfermos en los hoagres y las concentraciones reportadas de Níquel en granos de maíz. Este modelo muestra que el efecto de las principales enfermedades que aquejan a la población de San Pablo Huitzo es similar al efecto que causa la deficiencia de Níquel en la dieta principalmente a base de maíz sobre el gasto en salud. La ausencia de Cobre y Cromo en los dos modelos se debe a que por un lado la contaminación por aguas residuales no aporta concentraciones de estos metales que afecten significativamente la salud y, por otro, tampoco su presencia es significativa en los granos de maíz. El maíz forma parte fundamental de la dieta de la población de México y con mayor énfasis en la población de bajos ingresos de las áreas rurales y urbanas, ya que es un alimento barato que aporta gran parte de las calorías y la proteína de baja calidad en la alimentación. Sin embargo, a pesar de ser el maíz la planta más estudiada no se habían evaluado los metales pesados en los granos como fuente de nutrientes de la dieta de la población sino como más bien como contaminantes.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Bienestar familiar

Amartya Sen (1999) define el bienestar en términos de capacidades conformadas por todo aquello que permite a una persona estar bien nutrido, escribir, leer y comunicarse. Las necesidades básicas constituyen una parte de las capacidades y el número de opciones que las personas tienen y la libertad de elección sobre ellas también contribuye al bienestar humano. Las capacidades a desarrollar dependen del ámbito en el que se desenvuelvan y la libertad con la que cuenten. Así, entre las fuentes que deben eliminarse para que la población tenga mayor libertad están las escasas oportunidades económicas, privaciones sociales sistemáticas, falta de servicios públicos y la intolerante actuación de los estados nacionales. Este es el caso de la población pobre que se enfrenta a mayores restricciones en el desempeño laboral sin recibir prestaciones, incentivos en el trabajo y sin recibir un salario adecuado de acuerdo al trabajo que

desempeñan. Si no se dispone de acceso a los servicios públicos, como el drenaje, luz y agua, disminuyen cada vez más la probabilidades que este estrato desarrolle sus capacidades en el ámbito laboral y en la educación de los hijos. Así también la falta de alimentos para el sustento de la familia, origina que los pobres se encuentren más propensos a enfermedades, ya sea por alguna deficiencia nutricional o por la falta de servicios, provocándoles enfermedades gastrointestinales y/o respiratorias. Debido a los problemas existentes para este estrato y de acuerdo a la definición de Amartya Sen (1984), la pobreza se visualiza como “la privación de capacidades básicas para funcionar dentro de la sociedad”. Boltvinik (2003) define a la pobreza como un proceso multidimensional en el que el bienestar de los hogares y las personas depende de seis fuentes: i) el ingreso corriente; ii) los activos no básicos y la capacidad de endeudamiento del hogar; iii) el patrimonio familiar³; iv) el acceso a bienes y servicios gratuitos; v) el tiempo libre y el disponible para trabajo doméstico, educación y reposo; y vi) los conocimientos de las personas⁴. Los primeros tres los llama recursos económicos privados y menciona que es debido a que pueden expresarse en términos monetarios; la cuarta fuente representa los recursos económicos públicos, llamados también “salario social”. Finalmente, las dos últimas fuentes tienen sus propias unidades de medida: el recurso humano y el recurso tiempo. Por lo tanto, para llegar a tener bienestar en los hogares es importante considerar varios factores que influyen de manera negativa en las unidades familiares, puesto que entre menor sea el ingreso las familias ven más lejos el hecho de tener bienestar. En este caso, la búsqueda de mayores ingresos se da preferencia al trabajo en vez de cuidar la salud o la educación. En este sentido, el mayor impacto se ve reflejado en la salud ya que entre mayor sea el descuido, esta condición empieza a perderse e impide que la población realice sus actividades y por lo tanto la asistencia a la escuelas disminuye.

³Entendido como el conjunto de activos y bienes durables que proporcionan servicios básicos a los hogares (vivienda y equipamiento doméstico básico).

⁴Boltvinik señala el conocimiento no como medio para la obtención de ingresos, sino como satisfactores directos de la necesidad humana de entendimiento y como indicadores directos del grado de desarrollo cognitivo del ser humano.

La principal diferencia entre entre enfoque de los autores anteriores y el de este trabajo radica en que la función de bienestar familiar explica de manera consistente desde la economía del hogar la relación entre el bienestar familiar y los factores que la determinan en los ámbitos del hogar, la economía local y las vinculaciones con el exterior (Reyes Morales y Gijón Cruz, 2011 y 2012). Las variables independientes del modelo son: remesas internacionales, salarios, utilidades de los negocios familiares y la producción de autoconsumo, crédito y ahorro; así también las características sociodemográficas de los hogares. La formulación teórica propone no sólo relaciones entre agentes económicos sino también la contribución de las prácticas sociales comunitarias (formas de capital social) y del capital humano de los hogares a través de sus características sociodemográficas al nivel de bienestar familiar (Reyes Morales, Gijón Cruz, 2011, p. 9). El ingreso familiar es el principal factor que determina si los miembros del hogar se encuentran en el nivel de supervivencia o en un estadio superior. En síntesis, este modelo presenta un concepto más acabado del bienestar de los hogares que aquel expuesto por Staruss (1986) y Taylor y Yúnez (1999). Taylor (1995) aborda el concepto de bienestar de los hogares a través del modelo de hogares agrícolas para las condiciones específicas de la agricultura en México y relaciona el bienestar de manera implícita con la educación y la migración internacional las cuales incrementan la productividad agrícola (Taylor y Yúnez 1999). Antes Strauss (1986) había asociado el bienestar con el consumo de calorías como medio para explicar la productividad agrícola. En cambio, el modelo de bienestar familiar se define de manera cuantitativa y exhaustiva en el ámbito de la economía familiar y sus vinculaciones con el exterior. En lo referente a la relación entre bienestar familiar y salud se han realizado trabajos preliminares por otros integrantes del equipo de investigación cuyos resultados fueron incorporados en la formulación del modelo (Celaya Vásquez, 2013 y Pacheco Hernández, 2013).

Metales pesados

Los metales pesados son aquellos cuyo peso específico es superior a 5 g/ml o con número atómico mayor a 20, excluyendo generalmente a los metales alcalinos y elementos alcalinoterreos (Moreno Martínez *et al.* s.f.). El término se refiere de manera general a aquellos metales considerados como contaminantes ambientales. Los metales más frecuentes en el suelo son: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn. De los metales que se consideran esenciales para la planta se encuentra el Fe, Mn, Zn, Cu, Co y Mo; y los benéficos son: Ni y Cr. Sin embargo, éstos pueden llegar a ser tóxicos en altas concentraciones.

El uso del estiércol de animales supone la contaminación de aguas con nitratos, sales y metales principalmente Cu y Zn (Adriano, 1988); o la adición de pesticidas ricos en sales de Zn, arseniatos de Cu y Pb y distintos compuestos organo-metalicos (Frank *et al.*, 1976); o de lodos de las plantas de tratamiento con concentraciones variables de metales pesados (Cuevas *et al.*, 2004). En esta investigación que se reporta se analizaron tres metales pesados que son: Cromo que es uno de los más tóxicos para las plantas; Cobre de los menos tóxicos para las plantas pero con mayor toxicidad para los humanos; y Níquel que también es tóxico en altas concentraciones.

En el organismo humano el Níquel se encuentra en concentraciones de 0.1 mg/kg distribuido en diferentes tejidos como los del pulmón, tiroides, glándulas suprarrenales, riñón, corazón, hígado, encéfalo, bazo y páncreas. Los efectos nocivos en salud más comunes del níquel en seres humanos son las reacciones alérgicas. De los efectos nocivos más graves para la salud por la exposición al Níquel, se encuentra la bronquitis crónica, una función pulmonar reducida y el cáncer del pulmón y del seno nasal; estos efectos han sido provocados en personas por haber respirado polvo que contiene ciertos compuestos de Níquel (Melo & Cuamatzi, 2007).

El cobre en el organismo humano está presente en una concentración de 1.7 mg/kg y se encuentra en alimentos como son: mariscos, nueces, semillas, legumbres, salvado, hígado y vísceras. En menor cantidad se encuentra en chocolate, frutas secas, hongos, plátano, uvas y papas. Los requerimientos recomendados para adultos son de 1.5 a 3 mg/día, cifras que varían muy marcadamente en diversos grupos de población (Melo y Cuamatzi, 2007). Su absorción es necesaria porque es un elemento traza esencial para la salud de los humanos. Aunque los humanos pueden manejar concentraciones de cobre considerablemente altas, un exceso puede provocar problemas de salud. Las exposiciones por largos periodos al cobre pueden irritar la nariz, la boca y los ojos y causar dolor de cabeza, de estómago, mareos, vómitos y diarreas. Una ingesta grande de cobre puede causar daño al hígado y los riñones e incluso la muerte (Parada, 2004).

El Cromo es considerado un elemento traza en humanos y animales. Sin embargo, la gente está expuesta al cromo a través de la respiración, al consumirlo o beberlo y a través del contacto con la piel con cromo o compuestos del cromo. El nivel de cromo en el aire y el agua es generalmente bajo. En el agua para beber el nivel de Cromo es usualmente bajo como en el agua de pozo, pero ésta puede estar contaminada con el peligroso Cromo hexavalente (VI). La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda desde 1958 una concentración máxima de 0.05 mg/litro de Cromo VI en el agua de consumo humano, puesto que la exposición crónica a compuesto de Cromo VI puede provocar daños permanentes en los ojos (Devlin, 2004).

Existen varias clases diferentes de Cr que difieren en sus efectos sobre los organismos ya que el Cromo entra en el aire, agua y suelo en forma de Cromo (III) y Cromo (VI) a través de procesos naturales y actividades humanas. La mayor ruta de entrada del Cr III es mediante el consumo de alimentos, puesto que este metal se encuentra naturalmente en muchos vegetales, frutas, carnes, levaduras y granos. Varias maneras de preparación de la comida y almacenaje

pueden alterar el contenido de este metal, cuando la comida es almacenada en tanques de acero o latas las concentraciones de Cr pueden aumentar. El Cromo III es un nutriente esencial para los humanos y la falta de este puede causar alteraciones en el corazón, trastornos metabólicos y diabetes. El Cromo (VI) es mayoritariamente tóxico para el organismo, puesto que puede alterar el material genético y causar cáncer. (Moreno Martínez *et al.* S.f.). Los alimentos de origen agrícola son parte importante de nuestra vida pero su contaminación provoca que las personas que los consumen padezcan enfermedades desencadenadas por los metales presentes en los alimentos (Ruda de Schenquer *et al.*,2004).

OBJETIVOS

Se evalúa mediante el modelo de bienestar familiar, medio ambiente y salud el efecto de tres metales pesados (Cromo, Níquel y Cobre) encontrados en los granos de maíz cultivados en San Pablo Huitzo, Oax. El modelo incluye variables socioeconómicas de los hogares obtenidas mediante una encuesta probabilística y relativas a la concentración de metales pesados en los granos de maíz a través de análisis químicos. Inicialmente se presume la contaminación de metales pesados en los suelos agrícolas de la comunidad de estudio por aguas residuales procedentes del río Aguila. Asimismo, se consideran las principales enfermedades que afectan a la población y el consumo de alimentos como variables alternativas a la contaminación por aguas residuales.

METODOLOGÍA

Encuesta

La presente investigación se llevó a cabo en las tres secciones en las que se encuentra dividida la traza urbana de la cabecera municipal San Pablo Huitzo. Se aplicó una encuesta probabilística a 84 hogares (5.1% del total) en la cual se emplearon los siguientes apartados: características socioeconómicas, bienestar familiar, salarios locales y regionales, migración

internacional, migración interna, ahorros y préstamos, gastos del hogar, actividades económicas, usos y calidad del agua, enfermedades más frecuentes. La encuesta se realizó en 2011 a los hogares y sus negocios (agricultura comercial, ganadería comercial, servicios, comercio, manufactura, carpintería, producción de origen animal) y las unidades de producción de autoconsumo (ganadería de traspatio, producción de cultivos básicos y recolección de leña).

Toma de muestras del cultivo de maíz

Se determinó el tamaño de muestra de los hogares que cuenta con cultivos de maíz y la ubicación de los terrenos de cultivo para la toma de muestra de las mazorcas. De acuerdo a la base de datos de la encuesta levantada en la localidad de San Pablo Huitzo, se determinó el tamaño de una muestra de hogares que cultivan maíz mediante un diseño experimental. Los hogares de la encuesta que tienen producción agrícola son 25 hogares. Los cultivos más extendidos en San Pablo Huitzo son: maíz forrajero o elotero, frijol, alfalfa, tomate, calabaza, ejote, cilantro y rábano. El maíz forrajero o elotero lo cultiva el 80% de los hogares agrícolas en 140.69 ha en San Pablo Huitzo y los hogares lo utilizan en baja frecuencia para alimentar animales de cría y engorda (16%). El tamaño de muestra analizada fue de 12 hogares que cultivan maíz bajo condiciones de riego (14.28% de los hogares agrícolas); en la cosecha de maíz se analizó la contaminación por metales pesados procedente del agua de riego tanto del río como de pozos.

El muestreo de mazorcas de maíz se llevó a cabo por el método de zig-zag, que consistió en dibujar un zig-zag imaginario en el área hasta recolectar la cantidad necesaria de mazorcas (Lachica *et al.*, 1973). Para evitar alteraciones, la muestra se recolectó en bolsas de papel y se conservaron en refrigeración hasta que se analizaron en el laboratorio. Las bolsas de papel se etiquetaron colocando los datos de la persona que realizó la colecta, tejido muestreado así como el lugar, fecha y la hora. Los análisis químicos se realizaron con base a las normas

mexicanas establecidas para la determinación de cada metal pesado considerado en el estudio; esto es, Cromo, Níquel y Cobre. Así también, se realizó el barrido en el espectrofotómetro UV-VIS Génesis 10S para corroborar el espectro de absorbancia y los nanómetros a los cuales absorbe una mayor cantidad de luz en cada determinación; las escalas probadas fueron: 540nm, 445nm y 432nm.

Determinación de metales pesados

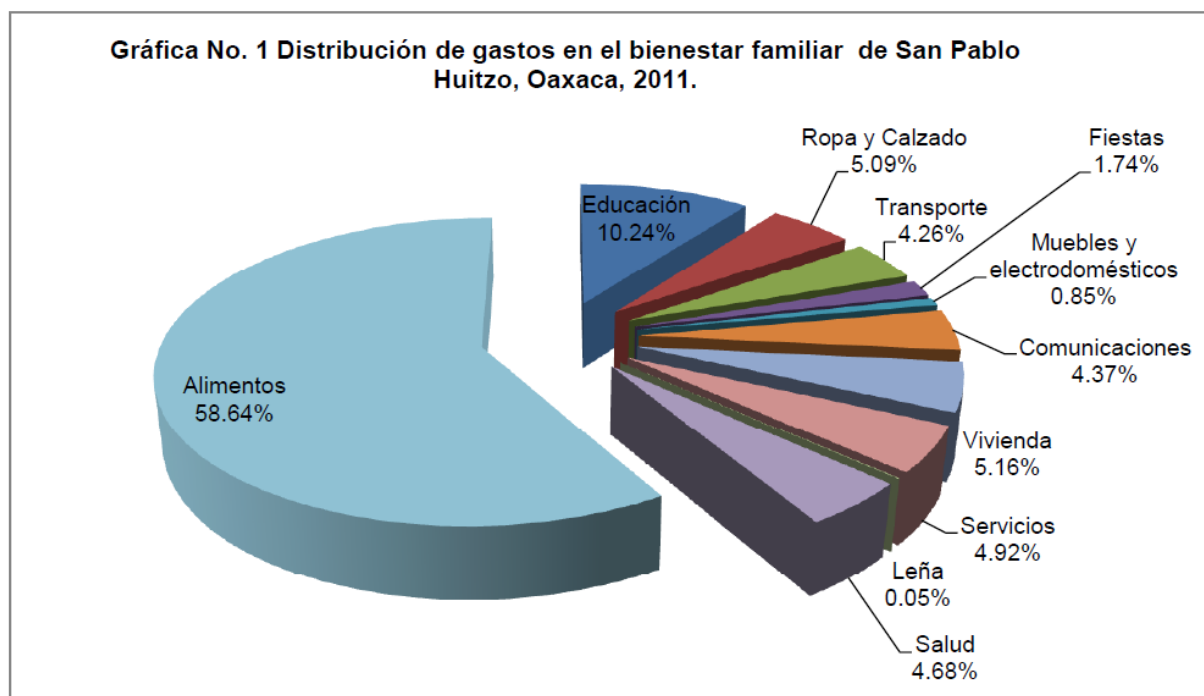
Para determinar Cromo hexavalente, se siguió estrictamente el procedimiento establecido en la norma NMX-AA-SCFI-2001. El fundamento de la técnica se basa en una reacción de óxido reducción donde el Cromo hexavalente Cr (VI) reacciona con la 1,5-difenilcarbazida en medio ácido para dar Cr³⁺ y 1,5- difenilcarbazona de color violeta que se lee espectrofotométricamente a 540 nanómetros. La intensidad de color es directamente proporcional a la concentración de Cromo hexavalente.

La determinación de Níquel se llevó a cabo utilizando la norma NMX-AA-076-1982 que tiene como fundamento la extracción del Níquel con un complejo de dimetilglioxima. El Níquel será extraído con cloroformo y vuelve a reaccionar con dimetilglioxima para el desarrollo del color y así poder medir la absorción espectral a 445 nanómetros.

La determinación colorimétrica de Cobre en la muestra vegetal se realizó en base a la norma NMX- F- 191-1970, la cual se fundamenta en la extracción del Cobre con citrato de EDTA y en la formación de un complejo colorido con rojo cresol. La lectura de absorbancia se realiza en un espectrofotómetro a 432 nanómetros.

MODELO EMPÍRICO DE BIENESTAR FAMILIAR, MEDIO AMBIENTE Y SALUD

Se evaluó el impacto de las concentraciones de metales pesados (Ni, Cr y Cu) en los granos de maíz cultivados por los hogares de San Pablo Huitzo sobre su bienestar mediante un modelo econométrico. Se estableció una función de bienestar familiar cuyas variables independientes son específicamente: las concentraciones de metales pesados reportados por los análisis químicos; las características sociodemográficas, los ingresos y ahorros. El bienestar familiar se integra por los rubros de gastos de los hogares anualizados que aparecen en la gráfica No. 1. La mayor proporción del gasto se emplea en alimentos (58.64 %) y 38.72% se destina otros gastos indispensables para protegerse del medio ambiente, formar capital humano, comunicarse y transportarse (educación, vivienda y servicios de la vivienda, ropa y calzado, salud, comunicaciones y transporte). El gasto en salud es similar a los rubros de servicios de la vivienda, transporte y comunicaciones.



Fuente: Base de datos de la encuesta del proyecto clave UABJO- PTC- 031.

Modelo de bienestar familiar

Se propone como modelo teórico del bienestar familiar la siguiente ecuación lineal con término constante:

$$\begin{aligned} BF = & a_0 + a_1 * Escprom + a_2 * TH + a_3 * Edadprom + a_4 * TFL + a_5 * Prloc + a_6 * Prreg + a_7 * Ahloc + a_8 * Ahreg \\ & + a_9 * Saloc + a_{10} * Sareg + a_{11} * NMigintern + a_{12} * NMiginternac + a_{13} * Reintern + a_{14} * Reinternac + \\ & a_{15} * Subgob + a_{16} * RF + a_{17} * INC + a_{18} * INS + a_{19} * INM + a_{20} * INOA + a_{21} * INGa + a_{22} * INAr + a_{23} * HA \\ & + a_{24} * HS + a_{25} * HM + a_{26} * VLC + a_{27} * ppmNi + a_{28} * ppmCr + a_{29} * ppmCu \end{aligned}$$

Ec. 1

En dónde, *BF* = bienestar familiar, *Escprom* = escolaridad promedio de los miembros del hogar, *TH* = tamaño del hogar (número de miembros), *Edadprom* = edad promedio de los miembros del hogar, *TFL* = tamaño de la fuerza laboral, *Prloc* = préstamos locales, *Prreg* = préstamos regionales, *Ahloc* = ahorros locales, *Ahreg* = ahorros regionales, *Saloc* = salarios locales, *Sareg* = salarios regionales, *Nmigintern* = número de migrantes internos, *NMiginternac* = número de migrantes internacionales, *Reintern* = remesas internas, *Reinternac* = remesas internacionales, *Subgob* = subsidios de gobierno, *RF* = regalos de otros hogares, *INC* = ingreso neto de negocios comerciales, *INS* = ingreso neto de negocios de servicios, *INM* = ingreso neto de manufacturas, *INOA* = ingreso neto de la producción de origen animal, *INGa* = ingreso neto de ganadería, *INAr* = ingreso neto de la agricultura, *HA* = hogar agrícola, *HS* = hogar asalariado, *HM* = hogar microempresarial, *VLC* = valor leña cortada, *ppmNi* = partes por millón de Níquel, *ppmCr* = partes por millón de Cromo y *ppmCu* = partes por millón de Cobre.

El valor de los coeficientes a_i de la ecuación 1 se estiman mediante el análisis de regresión de mínimos cuadrados ordinarios utilizando la siguiente ecuación (Norusis 1993; Kutner, Natchtsheim y Neter, 2004; Bohrnstedt y Potter Mee, 2002):

$$\begin{aligned}
 BF_j = & a_{0j} + a_{1j} * Escprom + a_{2j} * TH + a_{3j} * Edadprom + a_{4j} * TFL + a_{5j} * Prloc + a_{6j} * Prreg + a_{7j} * Ahloc + a_{8j} * Ahreg + \\
 & a_{9j} * Saloc + a_{10j} * Sareg + a_{11j} * NMigintern + a_{12j} * NMiginternac + a_{13j} * Reintern + a_{14j} * Reinternac + \\
 & a_{15j} * Subgob + a_{16j} * RF + a_{17j} * INC + a_{18j} * INS + a_{19j} * INM + a_{20j} * INOA + a_{21j} * INGa + a_{22j} * INAr + \\
 & a_{23j} * HA + a_{24j} * HS + a_{25j} * HM + a_{26j} * VLC + a_{27j} * ppmNi + a_{28j} * ppmCr + a_{29j} * ppmCu + \epsilon_j
 \end{aligned}$$

Ec. 2

En dónde $j = 1, 2, \dots, n$ y n es el tamaño de la muestra de la encuesta y ϵ es el término de error.

Partiendo de la ecuación 2 se realizó el análisis de regresión múltiple de mínimos cuadrados ordinarios en el programa SPSS versión 19; se usaron los cinco métodos disponibles en este programa (introducir, pasos sucesivos, eliminar, atrás y adelante). La ecuación que a continuación se presenta satisfizo las siguientes pruebas (cuadro 1): 1) la ecuación de regresión supera la prueba del análisis general de varianza (F es significativa para $p < 0.05$); 2) todos los coeficientes de regresión resultaron ser significativos en la prueba t ($p \leq 0.05$); y 3) el coeficiente de determinación R^2 fue relativamente alto ($R^2 = 0.713$).

$$\begin{aligned}
 BF = & 1151.695 * Edadprom + 3336.613 * Escprom + 0.566 * INS, & R^2 = 0.713 & \text{Ec. 3} \\
 & (0.000) & (0.003) & (0.021)
 \end{aligned}$$

Debajo de cada término de la ecuación 3 aparece el valor de la significancia del estadístico de la prueba t de student. Esta ecuación carece de término constante e incluye tres variables independientes que explican el bienestar familiar en 71.3% ($R^2 * 100$); esta ecuación explica el bienestar familiar mediante dos variables sociodemográficas (edad promedio y escolaridad promedio) y el ingreso neto de negocios de servicios. Las variables sociodemográficas realizan la mayor contribución al bienestar familiar medida por el valor de sus betas ($\beta_{Edadprom} = 0.464$ y $\beta_{Escprom} = 0.353$) de acuerdo al Cuadro No. 1. Sin embargo, la ausencia de las variables ambientales $ppmNi$, $ppmCr$ y $ppmCu$ indica que no existe un efecto significativo de éstas sobre el bienestar familiar. Esto puede explicarse a través de la Gráfica No. 1 puesto que el mayor

rubro de gasto se emplea en la alimentación de la familia seguido de la educación de los miembros de hogar. Por lo tanto, la presencia de metales pesados en los granos de maíz no afecta el rubro de gasto en salud ya que éste solamente representa el 4.68%. Por esta misma razón el efecto de las principales enfermedades tampoco afectan el bienestar familiar. Queda abierta la posibilidad de que con una mayor contribución del gasto en salud podría observarse el efecto que tienen las concentraciones de Níquel, Cromo y Cobre en los granos de maíz cultivados por los hogares en San Pablo Huitzo. Este punto se aborda en la siguiente sección mediante el modelo del gasto en salud.

Cuadro No. 1 Resultados del análisis de regresión de mínimos cuadrados ordinarios del modelo de bienestar familiar.

	Coeficientes no estandarizados, B	Coeficientes estandarizados, beta	Prueba de t de student	Significancia
Edad promedio	1151.695	0.464	3.915	0.000
Escolaridad hogar Promedio	3336.613	0.353	3.059	0.003
Ingreso neto de negocios de servicios	0.566	0.149	2.351	0.021
R ²	0.713			
R ² corregida	0.702			
F estadística	66.088 p < 0.000			
Grados de libertad	3 y 83			

Fuente: Análisis de regresión con apoyo del programa SPSS versión 19 utilizando la base de datos de la encuesta del proyecto clave UABJO- PTC- 031.

Modelo del gasto en salud

Para analizar con mayor precisión la relación entre el bienestar familiar y las concentraciones de metales pesados en los granos de maíz, se sustituyó el bienestar familiar por el gasto en salud. De esta manera, el porcentaje del gasto en salud (4.68%) sube al 100%. La ecuación propuesta como modelo teórico del gasto en salud es no lineal e incluye el término constante ya que previamente al análisis de regresión múltiple se determinó que relación entre la concentración de Níquel y el bienestar familiar corresponde a un modelo de tipo inverso:

$$GS = a_0 + a_1 * NEnf + a_2 * SMethHiper + a_3 * Prtot + a_4 * GCer + a_5 * GLeg + a_6 * GFrVerd + a_7 * ppmNi + \frac{a_8}{ppmNi} + a_9 * ppmCr + a_{10} * ppmCu \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde: *GS* = gasto en salud, *Nenf* = número de miembros enfermos en el hogar, *SMethHiper* = síndrome metabólico e hipertensión, *Prtot* = préstamos totales, *GCer* = gasto en cereales, *GLeg* = gasto en leguminosas, *GFrVerd* = gasto en frutas y verduras, *ppmNi* = partes por millón de Níquel, *ppmCr* = partes por millón de Cromo y *ppmCu* = partes por millón de Cobre. El valor de los coeficientes a_i de la ecuación 4 también se estiman mediante el análisis de regresión de mínimos cuadrados ordinarios. Cuando se asocia la base de datos de la encuesta a las variables independientes de la ecuación 4, se obtiene la siguiente ecuación (Norusis 1993; Kutner, Natchtsheim y Neter, 2004; Bohrstedt y Potter Mee, 2002):

$$GS_j = a_{0j} + a_{1j} * NEnf + a_{2j} * SMethHiper + a_{3j} * Prtot + a_{4j} * GCer + a_{5j} * GLeg + a_{6j} * GFrVerd + a_{7j} * ppmNi + \frac{a_{8j}}{ppmNi} + a_{9j} * ppmCr + a_{10j} * ppmCu + \varepsilon_j \quad \text{Ec. 5}$$

En dónde $j = 1, 2, \dots, n$ y n es el tamaño de la muestra; ε es el término de error. Partiendo de la ecuación 5 se realizó el análisis de regresión en el programa SPSS y se obtuvieron dos ecuaciones de regresión no lineales del gasto en salud. Estas ecuaciones también carecen de término constante y superan las pruebas del análisis general de varianza y t de student (cuadro No. 2 y 3).

$$GS = 5496.182 * NEnf + \frac{40699.128}{ppmNi}, \quad R^2 = 0.765 \quad \text{Ec. 6}$$

(0.009) (0.012)

$$GS = \frac{57,366.982}{ppmNi}, \quad R^2 = 0.52 \quad \text{Ec. 7}$$

(0.005)

La ecuación 6 tiene la mayor R^2 y cuenta con dos variables independientes. Las variables independientes explican el gasto en salud en un 76.5% ($0.765 * 100$). Existe una relación directa

entre el número de enfermos ($NEnf$) y el gasto en salud, es decir, al aumentar el valor de enfermos el gasto en salud se incrementa en una proporción de 5,496.182. En cambio, la concentración de Níquel en los granos de maíz cultivado está dada por función de tipo inverso. Las dos variables realizan una contribución muy similar al gasto en salud medida por los coeficientes de regresión estandarizados ($\beta_{NEnf} = 0.537$ y $\beta_{ppmNi} = 0.512$) como se puede observar en el cuadro 2. La gráfica No. 2 permite observar el comportamiento del gasto en salud a través de la ecuación 6; en la mayor parte de la trayectoria ocurre un incremento sostenido y luego se invierte esta relación. La ecuación 7 permite explicar el comportamiento del gasto en salud solamente a través de un incremento en la concentración de Níquel en los granos de maíz (ver Gráfica No. 3). Concentraciones muy bajas de Níquel provocan efectos nocivos en la salud que incrementan el gasto en salud. Sin embargo, si se incrementa la concentración de Níquel disminuye el gasto en salud. Esto significa que las concentraciones de níquel en los granos de maíz son muy bajas y como fuente principal de este elemento en la dieta, se afecta la salud. Así, el incremento del contenido de Níquel en los granos de maíz ayuda a mantener la salud y reduce el gasto en salud. El modelo de gastos en salud muestra las principales enfermedades que aquejan la población de San Pablo Huitzo (síndrome metabólico, hipertensión, artritis y enfermedades gastrointestinales) reportadas por Celaya Vásquez (2013) y observadas mediante el número de enfermos, es muy similar a la deficiencia de níquel en la dieta vista a través del maíz el principal básico del pueblo mexicano. El estudio que se reporta carece de precisión en ámbito epidemiológico, pero al menos permite explicar que el problema del Níquel no está en la contaminación por aguas residuales sino por deficiencia en la dieta. De otra manera se tendrían concentraciones de de Níquel en nieves tóxicas. Este es un hallazgo colateral valioso que permite ver al maíz como una fuente múltiple de nutrientes; esto es, además de ser rico en carbohidratos y una fuente de proteínas de baja

calidad es también una fuente importante de metales necesarios para conservar un buen nivel de salud como el Níquel.

Cuadro No. 2 Resultado del análisis de regresión del modelo de gasto en salud.

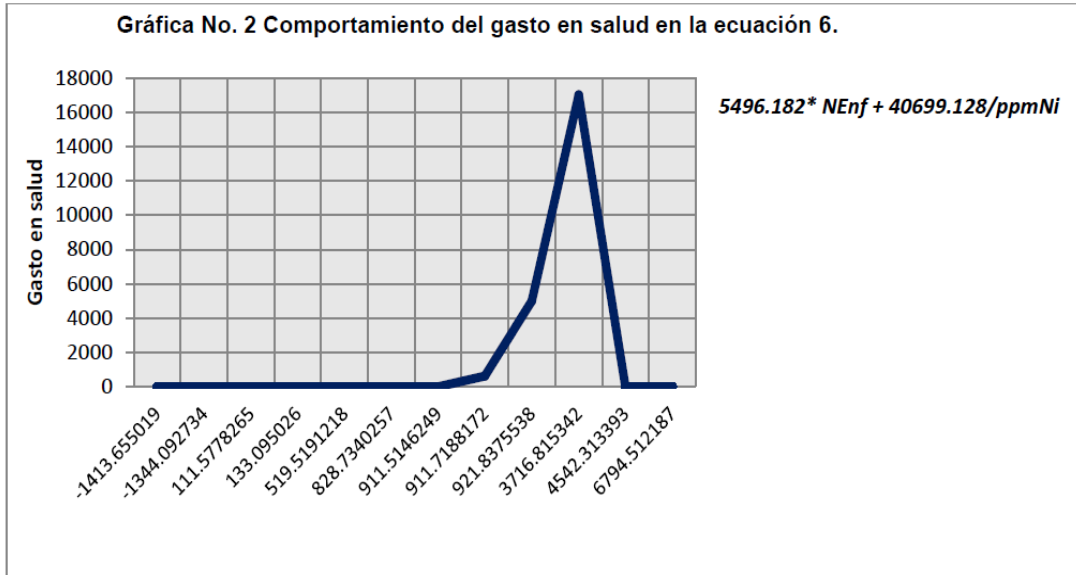
Variables	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	Prueba t de student	Significancia
	B	Error típ.	Beta		
Número de enfermos por hogar	5496.182	1705.462	0.537	3.223	0.009
Concentración de níquel, 1/ ppm Ni	40699.128	13247.865	0.512	3.072	0.012
R ²	0.765				
R ² corregida	0.718				
F estadística	16.255 p < 0.001				
Grados de libertad	2 y 12				

Fuente: Análisis de regresión con apoyo del programa SPSS versión 19 utilizando la base datos de la encuesta y los resultados de los análisis de metales pesados del proyecto clave UABJO- PTC- 031.

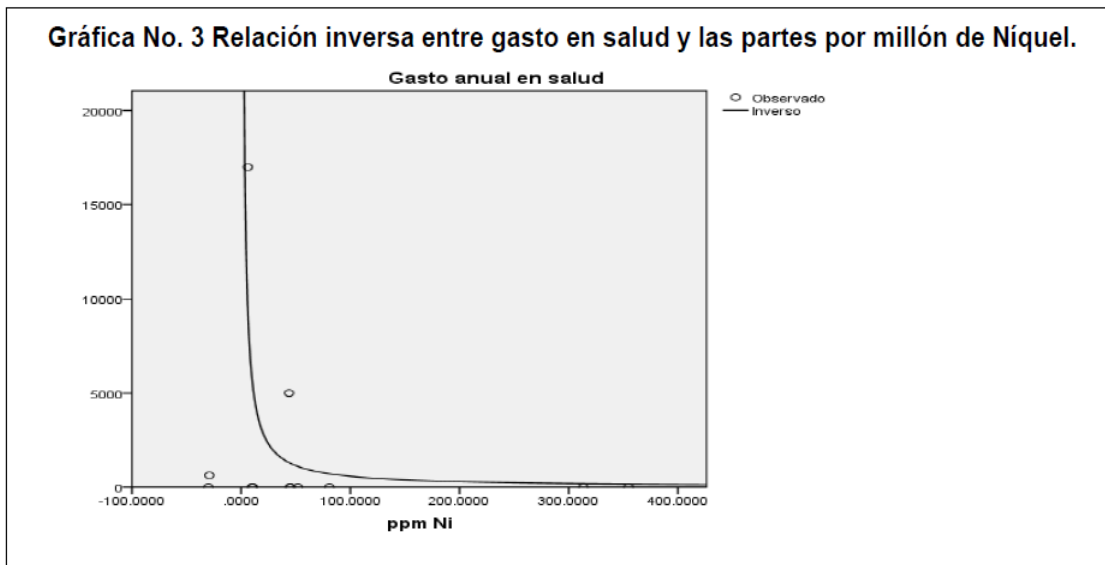
Cuadro No. 3 Resultados del análisis de estimación curvilínea del modelo de gasto en salud.

Variable	Coeficientes no estandarizados, B	Coeficientes estandarizados Beta	Prueba t de student	Significancia
Concentración de níquel, 1 / ppm Ni	57366.982	0.721	3.455	0.005
R ²	0.52			
R ² corregida	0.477			
F estadística	11.938 p < 0.005			
Grados de libertad	1 y 12			

Fuente: Análisis de regresión con apoyo del programa SPSS versión 19 utilizando la base datos de la encuesta y los resultados de los análisis de metales pesados del proyecto clave UABJO- PTC- 031.



Fuente: Ecuación 6 y base de datos de la encuesta del proyecto con clave UABJO- PTC- 031.



Fuente: Ecuación 7 y base de datos de la encuesta del proyecto con clave UABJO- PTC- 031.

CONCLUSIONES

El modelo de bienestar, medio ambiente y salud condujo a hallazgos colaterales relevantes. Debido a que el gasto en salud es muy pequeño con relación al bienestar familiar, no es posible observar el impacto de los metales pesados. Sin embargo, en el modelo del gasto en salud se observa la presencia de un metal pesado. La ausencia de Cobre y Cromo en los dos modelos se debe a que por un lado la contaminación por aguas residuales no aporta concentraciones de estos metales que afecten significativamente la salud y, por otro, tampoco es significativa su presencia en los granos de maíz.

La contaminación de metales pesados por aguas residuales sin tratamiento que se vierten en ríos cuyo caudal se utiliza para riego agrícola en áreas sin industria, al parecer no tiene efectos serios para salud. En cambio, estos metales que también constituyen nutrientes de la dieta básica están presentes en muy bajas concentraciones en los alimentos básicos como el maíz. Paradojicamente las bajas concentraciones de estos metales puede afectar más salud que el agua de riego contaminada por aguas residuales. Así, la contaminación por bacterias, parásitos y virus puede ser más importante que las concentraciones de metales pesados. Finalmente, la deficiencia de Níquel en la dieta de las sociedades rurales o semi-urbanas, como San Pablo Huitzo, se puede atribuir a las bajas concentraciones de este elemento en el maíz que tiene representado el principal alimento básico.

BIBLIOGRAFÍA

Adriano, D. C. (2001). *Trace elements in the environments: biogeochemistry and Risks of metales*. Edición Springer- Verlag. Nueva York.

Anan, Sudhir y Sen, Amartya (2000). "Human Development and Economic Sustainability." *World Development*, Vol. 28, N° 12.

Benítez Ávila, Isabel Selene (2013) *Evaluación de un modelo de desarrollo sustentable mediante análisis socioeconómico y de la contaminación del cultivo de maíz por 3 metales pesados en la comunidad de San pablo Huitzo, Oaxaca*. Tesis de Licenciada en Químico Farmacéutico Biólogo, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Oax., México.

Boltvinik, Julio (2003). "Tipología de los métodos de medición de la pobreza. Los métodos combinados". *Revista Comercio Exterior*, Vol. 53, Núm. 5.

Ceballos Pérez, S.G. (2010). *Comercio exterior, producción y determinación de precios del maíz en México: implicaciones y propuestas para mejorar la competencia*, Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2010b/682/

Celaya Vásquez, Hugo (2013) *Construcción de un modelo de salud, medio ambiente y economía familiar*. Tesis de Licenciado en Químico Farmacéutico Biólogo, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Oax., México.

Cuevas, Gabriela y Walter, I. (2004). *Metales pesados en maíz (Zea mays L.) cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. Vol. 20, No.2. Pp. 59-68

Devlin, T. M. (2004). *Bioquímica*, 4ª edición. México, Reverté, Barcelona,.

Frank, R., Ishida, K. y Suda, P., (1976). "Metals in agricultural soils of Ontario". *Canadian Journal of Soil Science*, 56: 181-196.

Kutner, Michael H.; Natchtsheim, Christopher J. & Neter. J. (2004). *Applied Linear Regression Models*. Fourth Edition, U.S.A., McGraw- Hill Irwin.

Hotelling, H. (1933). "El análisis de un conjunto de variables estadísticas en componentes principales." *Journal of Educational Psychology*, 24, 417-441 y 498-520.

INEGI. *Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad* (ITER).

Manly, J. & Bryan F. (1986). *Multivariate Statistical Methods: A Primer*. First edition, New York and London, Chapman and Hall.

Norusis, M. J. (1993). *SPSS for Windows. Data Base System User's Guide Release 6.0*. U.S.A., SPSS Inc.

Knoke, David; Bohrnstedt, George W. & Potter Mee, A. (2002). *Statistics for social data analysis*. Fourth Edition, U.S.A., Wadsworth/ Thomson Learning, Inc.

Lachica, M.; Aguilar, A.; y Yañez, J. (1973). "Análisis foliar. Métodos analíticos utilizados en la Estación Experimental del Zaidín." *Anal. Edafol. Agrobiol.* 32: 1033-1047.

Pérez, M. A. M. (2001). "Las contribuciones de Amartya Sen al estudio sobre la pobreza." Año 6 / Número 19 Junio-Septiembre 2001.

Melo, Virginia y Cuamatzi, O. (2007). *Bioquímica de los procesos metabólicos*. Segunda edición, México, Reverté Ediciones S.A de C. V. Pp. 362- 373.

Moreno Martínez, et al. (s.f). *Determinación de metales pesados (As, Pb, Cd y Ni) en rábanos (Raphanus sativus L.), brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) y calabacín (Cucurbita pepo L. var. italica)*. México, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Naredo, J.M. (1996). "Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible." *Documentación Social*, 102, pp. 129-147.

Pacheco Hernández, María de Jesús (2013) *Evaluación de un modelo de bienestar a través del análisis parasitológico de suelos agrícolas y estudio socioeconómico de las unidades domésticas de San pablo Huitzo, Etlá, Oax.* Tesis de licenciada en químico farmacéutico biólogo, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, Oax., México.

Parada N., R. (2004). "Intoxicación por metales pesados y otros elementos." *Toxicología veterinaria* 32.

Reyes Morales, R.G. y Gijón Cruz, A.S. (2012). "El modelo de bienestar familiar un instrumento efectivo para el análisis del desarrollo de las localidades rurales de México." *Memorias del 1er Congreso Iberoamericano y 17º Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional*, AMECIDER 2012, México, D.F

Reyes Morales R.G y Gijón Cruz, A.S. (2011). "Bienestar y remesas internacionales de los hogares rurales en México." *Memorias del IV Congreso de la Red Internacional de Migración y Desarrollo Crisis Global y estrategias migratorias: hacia la definición de las políticas de movilidad*, Quito, Ecuador.

Ruda de Schenquer, et al. (2004). *Contaminación y salud del suelo*. Ediciones UNL. Argentina, Pp. 39- 46.

Strauss, John. (1986). "Theory and comparative statics of agricultural household models: A general approach". In I.J. Singh, L. Squiere, and J. Strauss, eds., *Agricultural household models: Extensions and applications, and policy*. Baltimore, Md.: Johns Hopkins University Press.

Taylor, J. Edward (1995). *Migración: Nuevas dimensiones y características, causas y consecuencias e implicancias para la pobreza rural*. Departamento de Agricultura y Recursos. Universidad de California, Davis, Estados Unidos.

Yúnez Naude, Antonio y Taylor, J. Edward (1999). *Manual para la elaboración de matrices de contabilidad social con base a encuestas socioeconómicas aplicadas a pequeñas poblaciones rurales*. Número XIV, CEE, El Colegio de México.