

Análisis de los patrones espacial de cambio: identificación de puntos calientes de cambio a nivel nacional

J.F. Mas y A. Rodríguez

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Introducción

En este informe se reportan los resultados de la evaluación de los patrones geográficos “hot spots” de cambio mediante el cálculo de estadísticas geoespaciales..

Insumos

Mapas de uso de suelo y vegetación Series 4 y 5 del INEGI escala 1:250,000.

Mapas de cambio del *Global Forest Cover Loss 2000–2012* (Proyecto *Global forest change 2000-2012*) (Hansen/UMD/Google/USGS/NASA).

Método

Para analizar el patrón espacial de las áreas de cambio, se utilizó la herramienta de Hot Spot analysis del software ArcGis la cuál permite examinar la autocorrelación espacial tomando en cuenta tanto la localización de los datos como sus valores, permitiendo evaluar si el patrón expresado está agrupado o disperso.

Para identificar puntos calientes (*hot spots*) y puntos fríos (*cold spots*) de cambio, es decir áreas en las cuales ocurren respectivamente más o menos cambios de lo que se podría esperar si los cambios fueran repartidos de manera homogénea a lo largo del territorio, se utilizó el estadístico Getis-Ord G_i^* . Este estadístico evalúa la asociación de los datos mediante la comparación de promedios locales vs. promedios globales. Esta comparación permite evaluar que tanto los valores locales (aquí valores de cambios promedios en una pequeña subregión) son diferentes de los valores de cambio promedio a nivel nacional a través el cálculo del valor estandarizado z o z -score (ver Anexo 1). Para la correcta aplicación del método Getis-Ord G_i^* se recomienda que al especificar la distancia que define los datos locales, esta distancia permita considerar al menos 30 vecinos cuando n es bastante grande. En caso de n muy pequeña, se recomienda al menos incluir 8 vecinos para evitar así errores serios de inferencia (Longley P.A., Batty M. 1996). En el presente estudio, se utilizó una distancia de 12,800 metros, la cual permite incluir 60 vecinos.

Se utilizaron diferentes índices de cambio:

Pérdida bruta: superficie de bosque en t_1 transformados en áreas no forestales en t_2 normalizado por el numero de años del periodo, se puede expresar la pérdida en superficie (has/año) o en proporción de la superficie (%/año) de bosque en t_1 .

Ganancia bruta: superficie de áreas no forestales en t_1 transformados en áreas forestales en t_2 normalizado por el numero de años del periodo, se puede expresar la pérdida en superficie (has/año) o

en proporción (%/año) de la superficie de bosque en t_2 .

Cambio neto. Ya que procesos de pérdida y ganancia pueden coexistir en una misma región, es necesario obtener información sobre el balance final de los procesos opuestos. El cambio neto es la diferencia entre la superficie forestal total en t_1 y t_2 ($St_2 - St_1$), normalizado por el número de años del periodo, se puede expresar la pérdida en superficie (has/año) o en proporción (%/año) de la superficie de bosque en t_1 .

Análisis con base en los datos de INEGI

Elaboración de los mapas de pérdida y ganancia forestal

Los mapas de uso del suelo y vegetación (serie 4 y 5) fueron transformadas de formato vectorial a formato raster agrupando las categorías de cobertura del suelo para generar un mapa binario en donde las clases forestales se convierten a un valor único de uno (bosque) y las clases no forestales se convierten a un valor único de cero (no bosque). Se utilizó un tamaño de celda de 100 x 100 m (una hectárea) utilizando la categoría dominante que cubre la superficie incluyendo los matorrales en bosques y excluyendo del análisis los cuerpos de agua (No Data) para llevar a cabo esta caracterización.

Con base en estos mapas binarios se generó un mapa de pérdida forestal reclasificando las celdas con valores 1 (bosque) en la serie 4 y 0 en la serie 5 al valor uno, y las demás celdas en 0.

De la misma forma, se generó un mapa de ganancia forestal reclasificando las celdas con valores de 0 (no bosque) en la serie 4 y 1 en la serie 5 al valor uno, y las demás celdas en 0.

Los mapas de pérdida y de ganancia forestal fueron procesados mediante un filtro focal que sumó los valores de las celdas en una ventana de 3,000 metros por 3,000 metros, los mapas resultantes fueron remuestreados con el método de mayoría utilizando un tamaño de celda de 3,000 metros por 3,000 metros, por último el resultado fue vectorizado. Los dos mapas resultantes expresan respectivamente la superficie de pérdida y ganancia forestal (en has) dentro de cada cuadro de 3 x 3 km².

Se agregó un campo al dato vectorizado final para expresar los valores de pérdida y ganancia estandarizados a hectáreas de ganancia o pérdida por km² por año ([valor /9 km²)/4 años])

Elaboración del mapa de cambio neto

Los mapas binarios bosque / no bosque de las serie 4 y 5 de INEGI se procesaron con un filtro focal el cual sumó los valores de las celdas en una ventana de 3,000 metros por 3,000 metros, ambos rasters fueron remuestreados con el método de mayoría a un tamaño de celda de 3,000 metros por 3,000 metros. Los dos mapas obtenidos expresan respectivamente la superficie total de bosque (en ha) dentro de cuadrantes de 3 x 3 km². Se normalizaron dividiendo por (9km²) para indicar la superficie forestal por km². La resta entre ambos mapas permite elaborar un mapa que indica el cambio neto de superficie forestal, el cual se divide por la duración del periodo (4 años) para obtener el cambio neto anual, adicionalmente se puede normalizar la superficie de cambio dividiendo por la superficie inicial forestal (Serie 4) para indicar un cambio en porcentaje. El cambio neto puede presentar valores negativos (pérdida de área forestal) o positivos (ganancia de área forestal). En el presente caso, debido a una restricción de ArcGis los valores deben ser mayores a 0 por lo que al resultado se le sumó una constante igual al valor absoluto del valor de cambio más pequeño (en este caso 100). Esta operación permite transformar los valores negativos de cambio a positivos manteniendo las mismas diferencias entre los valores de cambio, por lo cual no afecta los cálculos ulteriores. Por último los mapa raster de cambios tanto en superficie como en porcentaje fueron vectorizados.

Análisis con base en los datos del *Global forest change 2000-2012*

Elaboración mapa de cobertura forestal del 2002

Con base en el mapa de porcentaje de cobertura forestal de Hansen (Tree canopy cover) se seleccionaron los píxeles con un porcentaje mayor a 30% para reclasificarlos como bosque eliminando los píxeles que reportan pérdida para el año 2001, el mapa resultante se remuestro a 100 metros con el método de remuestreo por mayoría el cuál indica área forestal al inicio del año 2002.

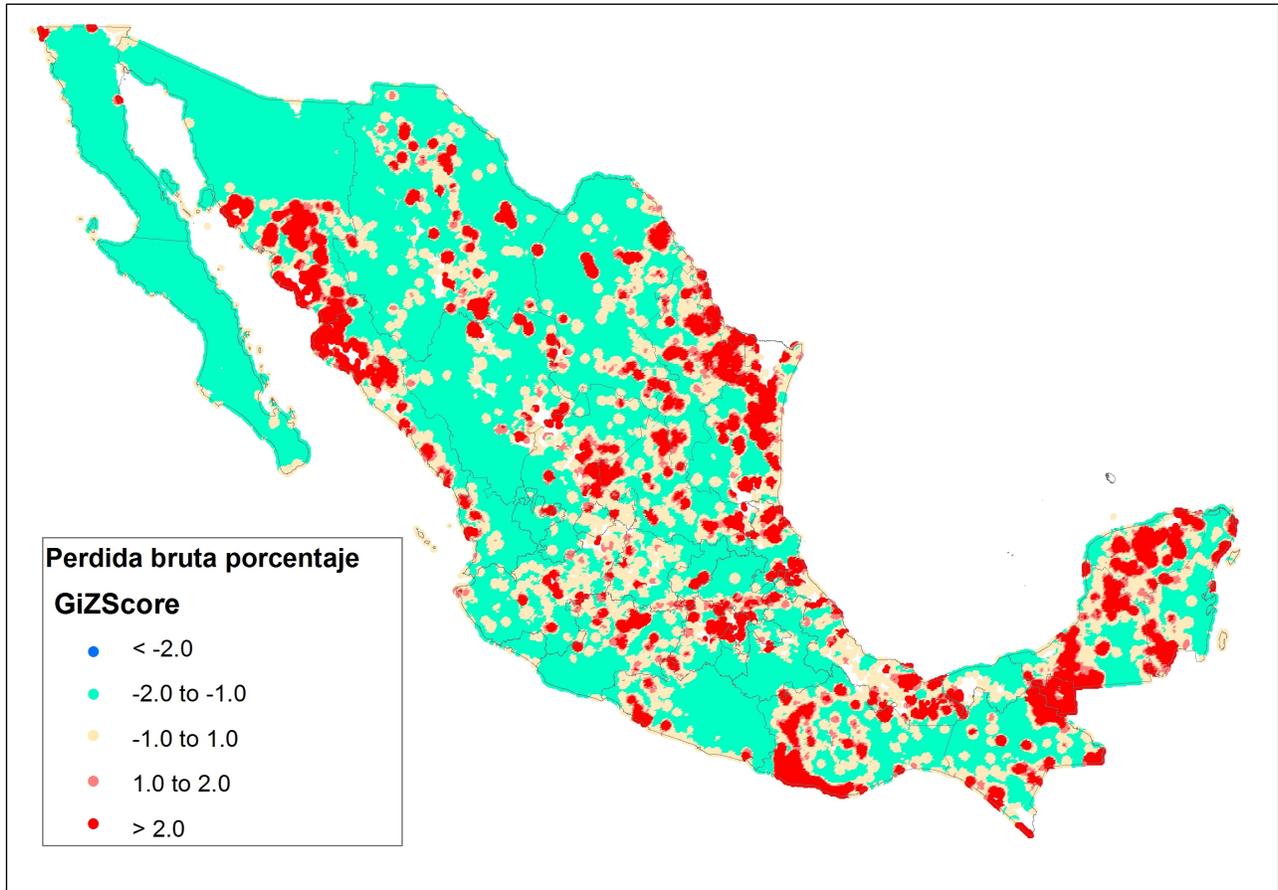
Elaboración de los mapas de pérdida y ganancia forestal

Los datos originales de pérdida se remuestran a 100 metros con el método de remuestreo por mayoría. Utilizando la capa de pérdida (loss) y la capa del año de la pérdida (loss year) se seleccionaron las áreas de pérdida de los años 2007 al 2011 (equivalentes al periodo transcurrido entre las series 4 y 5 del INEGI) para generar un mapa binario (valor uno para pérdida, 0 para las demás celdas). Este mapa binario se procesó con un filtro focal el cuál suma los valores de las celdas en una ventana de 3,000 metros por 3,000 metros y se remuestro a un tamaño de celda de 3,000 metros por 3,000 metros, los valores se normalizaron dividiendo por 9 km^2 y 4 años para indicar una superficie de pérdida en hectáreas/ km^2 por año. Este mapa se dividió por el mapa de cobertura forestal del 2002 para generar un mapa de pérdida en porcentaje por año, por último ambos mapas fueron vectorizados.

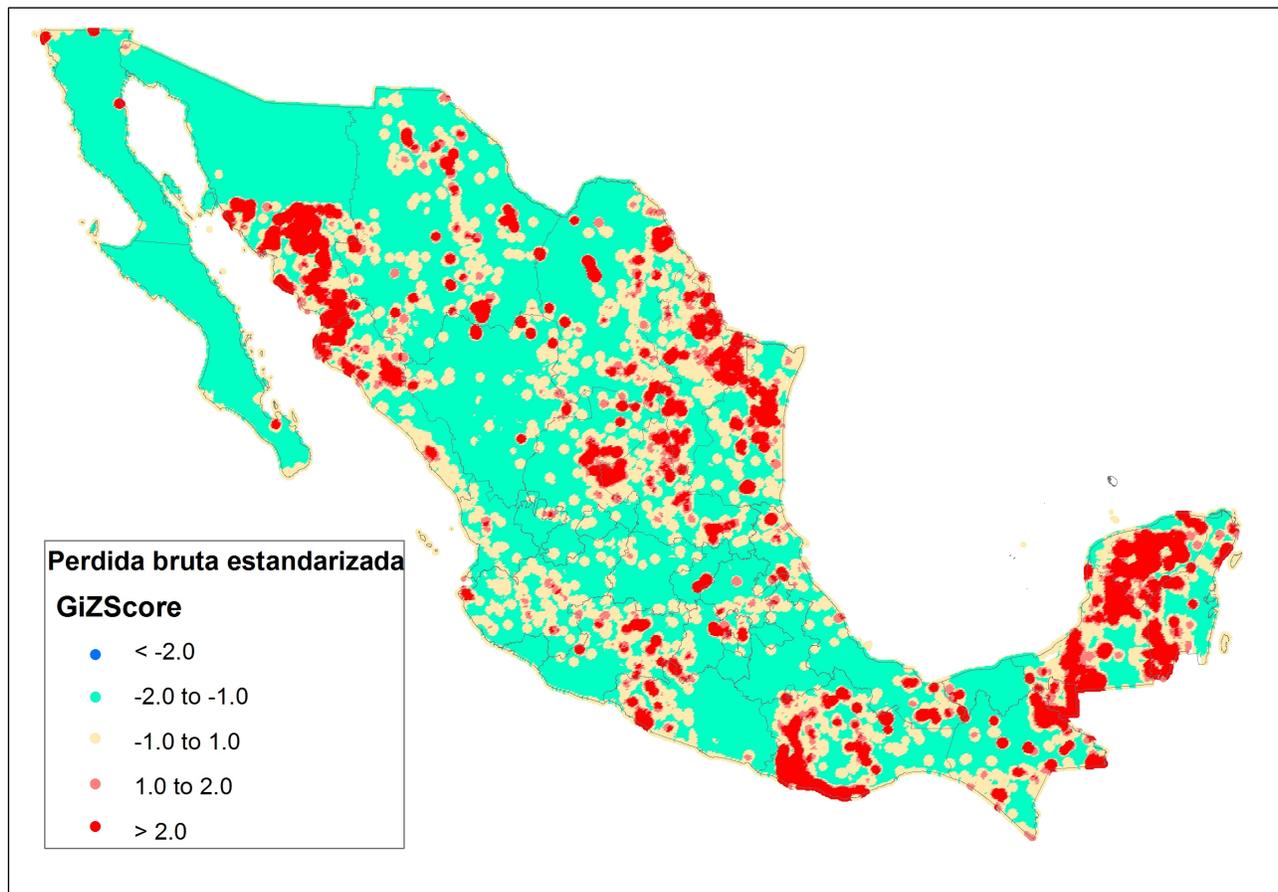
Para el caso de Hansen no se utilizó la capa de ganancia (gain) ya que no contiene el año de ganancia y el periodo de análisis 2000 – 2012 es mucho mayor al periodo incluido en este estudio.

Resultados

Pérdida bruta

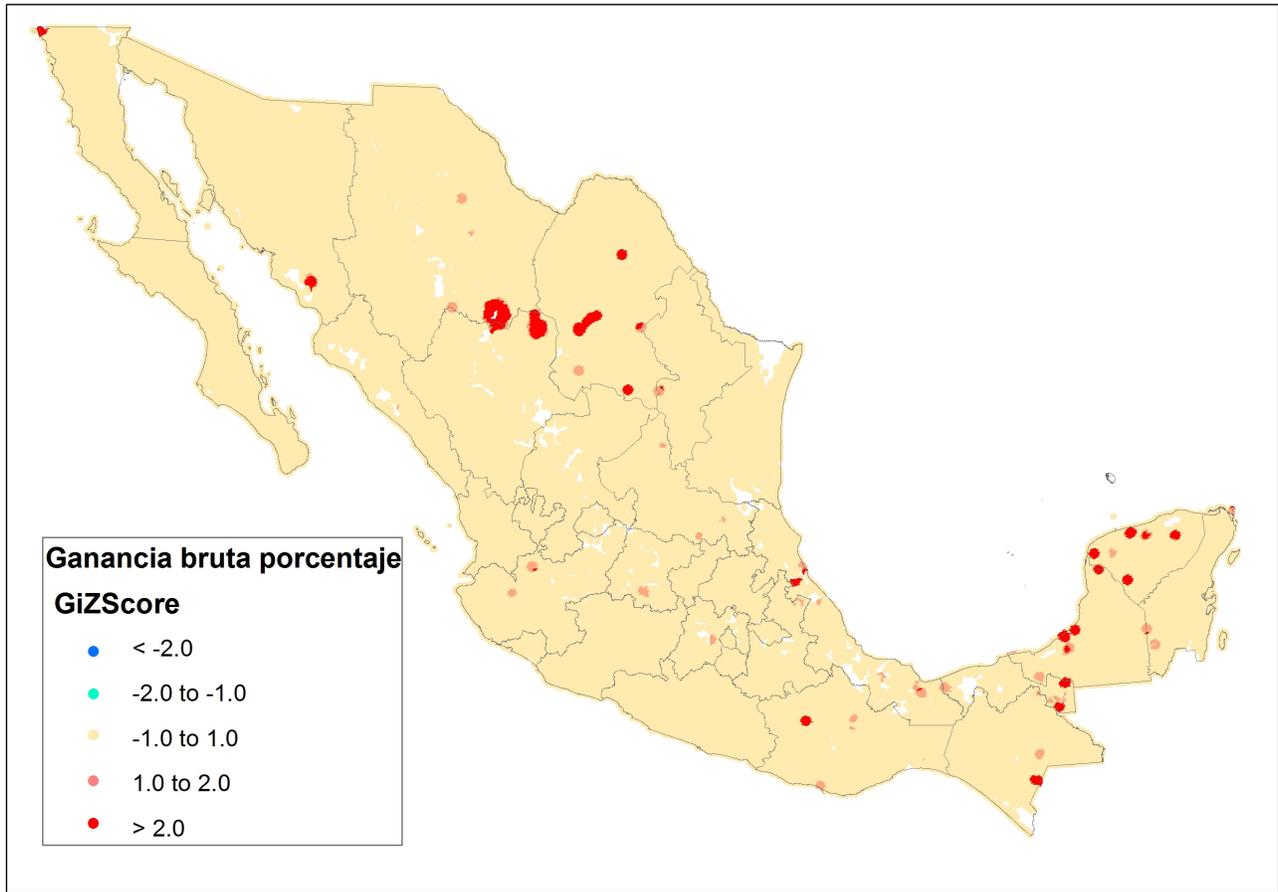


GiZscore: Niveles de significancia estadística , significancia del 99% cuando GiZScore > 2.0. En azul (*cool spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores bajos, en rojo (*hot spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores altos. Datos analizados en porcentajes por año.

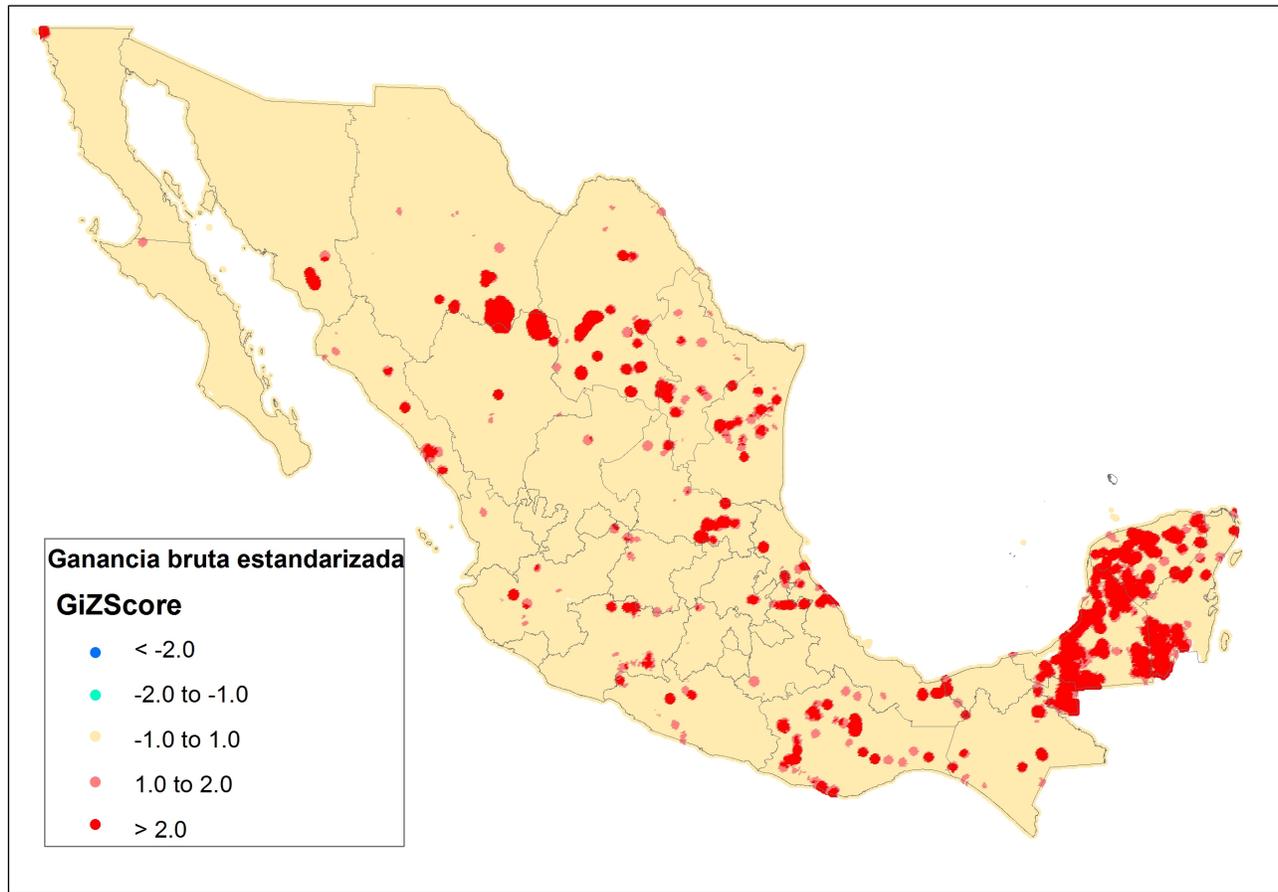


GiZscore: Niveles de significancia estadística , significancia del 99% cuando GiZScore > 2.0. En azul (*cool spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores bajos, en rojo (*hot spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores altos. Datos analizados estandarizados a km² /año.

Ganancia Bruta

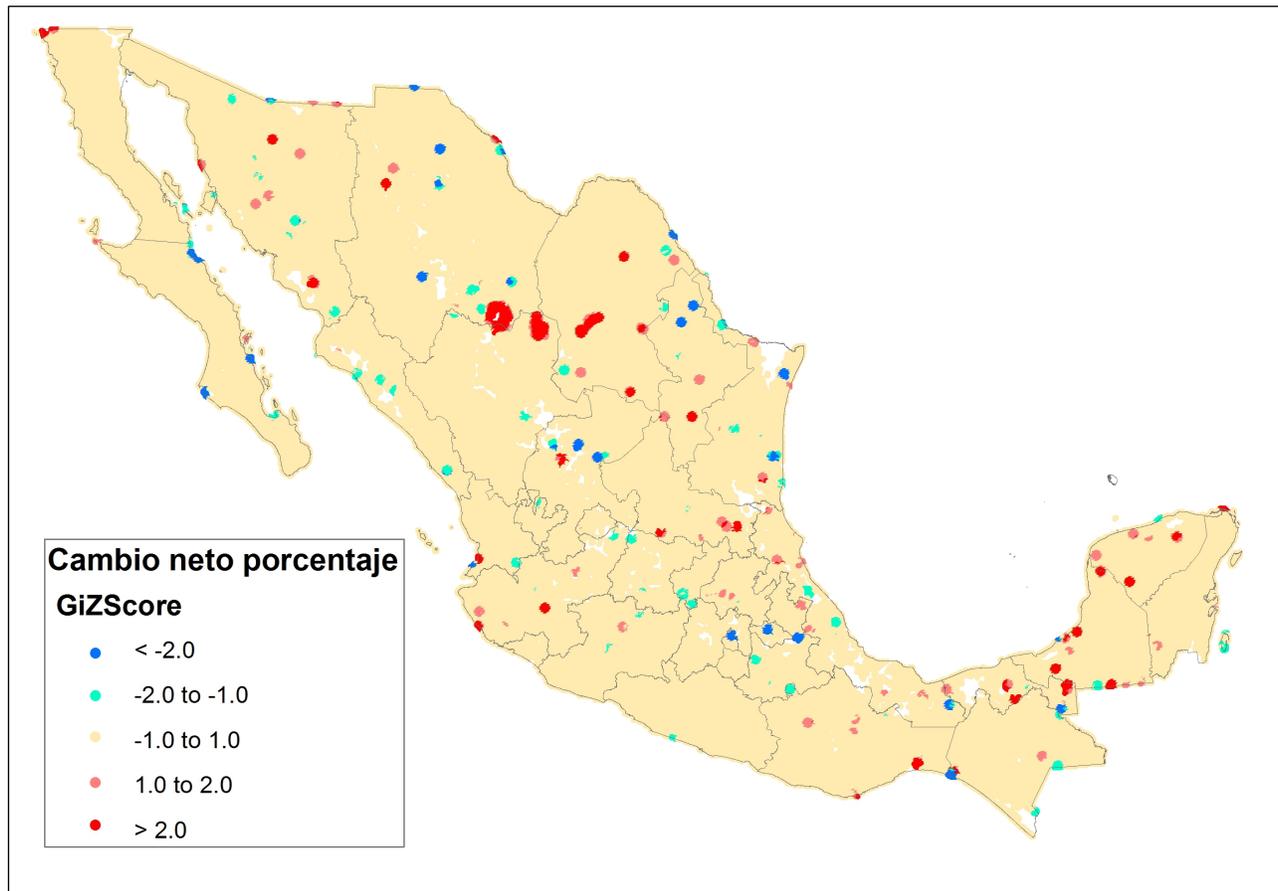


GiZscore: Niveles de significancia estadística , significancia del 99% cuando GiZScore > 2.0. En azul (*cool spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores bajos, en rojo (*hot spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores altos. Datos analizados en porcentaje por año.

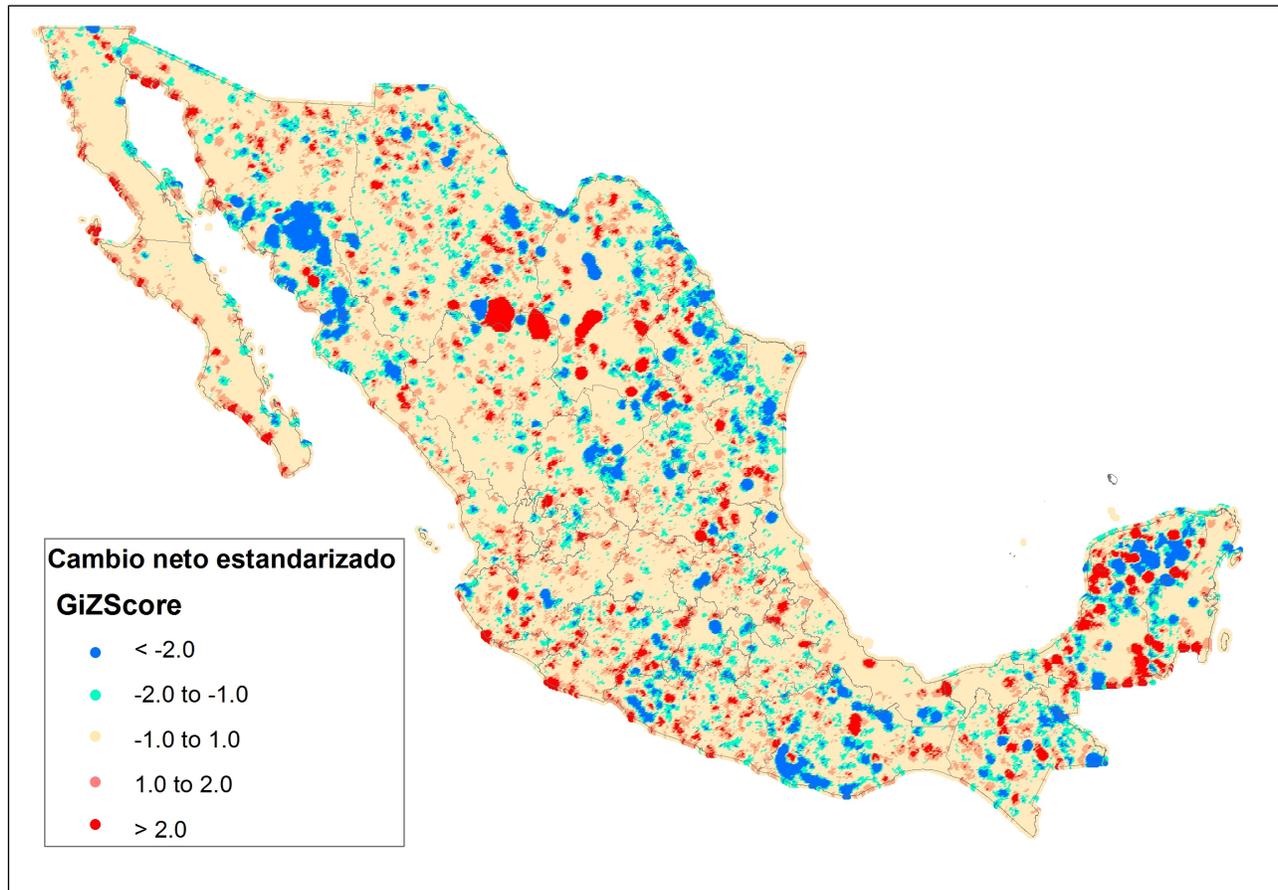


GiZscore: Niveles de significancia estadística , significancia del 99% cuando GiZScore > 2.0. En azul (*cool spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores bajos, en rojo (*hot spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores altos. Datos analizados en km² /año

Cambio neto

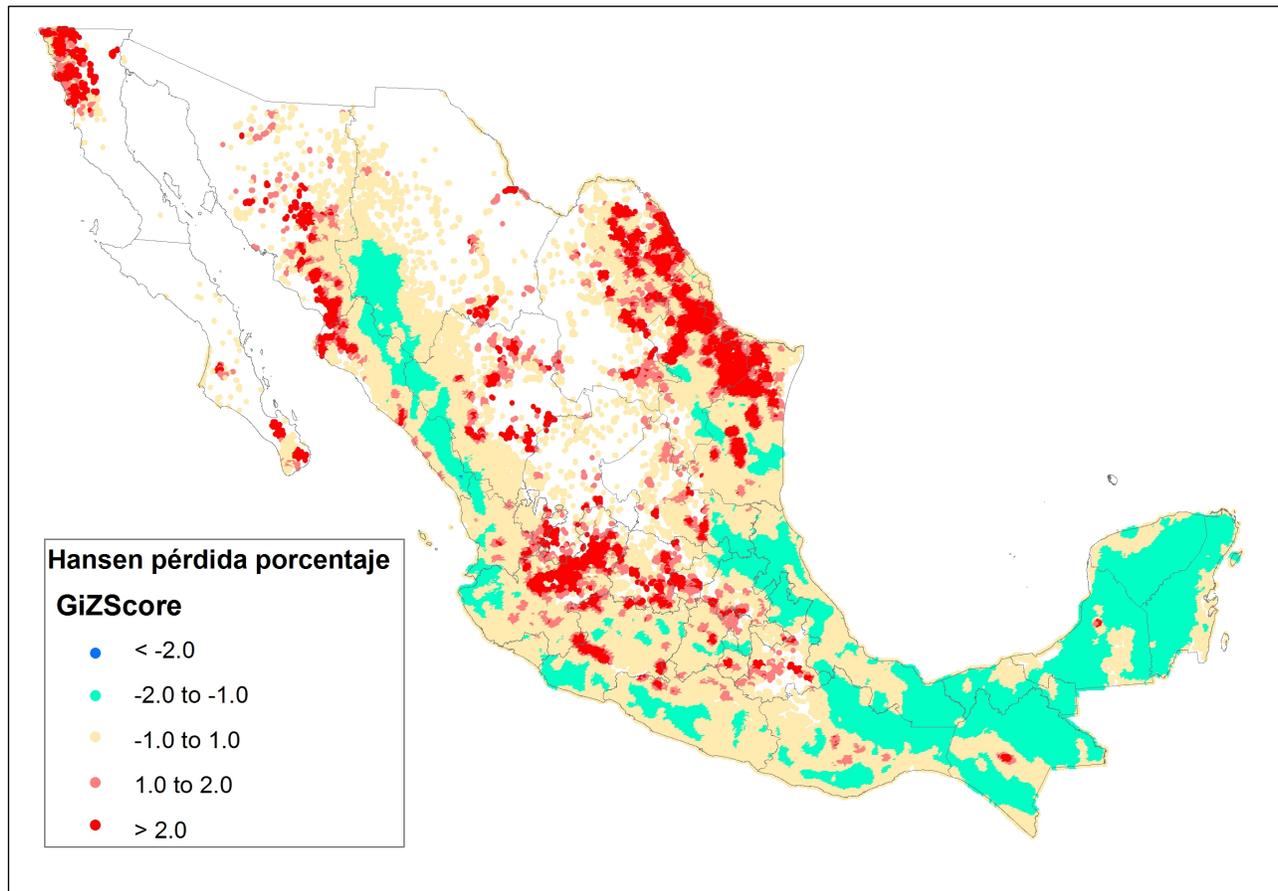


GiZscore: Niveles de significancia estadística , significancia del 99% cuando GiZScore > 2.0. En azul (*cool spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores bajos, en rojo (*hot spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores altos. Datos analizados en porcentaje por año.

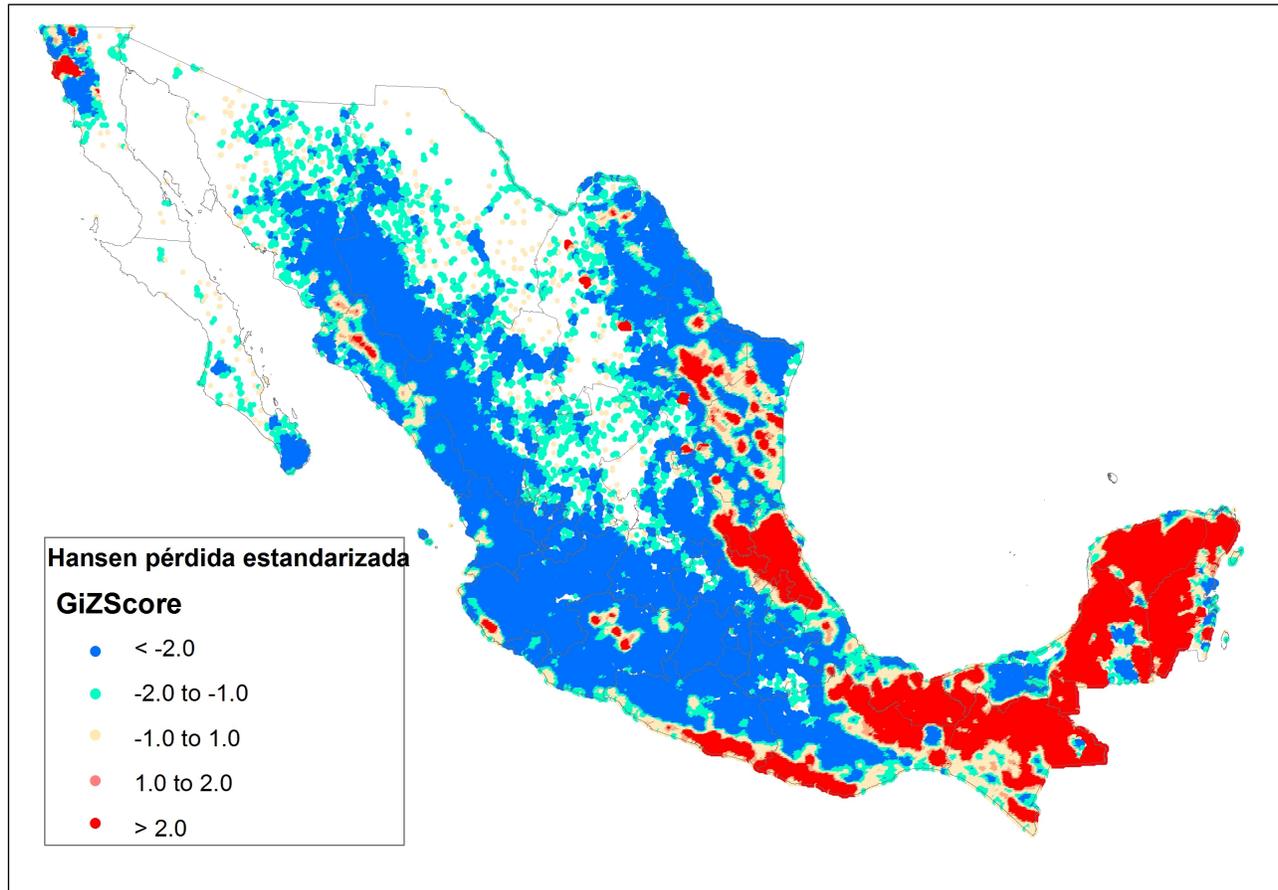


GiZscore: Niveles de significancia estadística , significancia del 99% cuando GiZScore > 2.0. En azul (*cool spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores bajos, en rojo (*hot spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores altos. Datos analizados en km² por año.

Pérdida Hansen



GiZscore: Niveles de significancia estadística , significancia del 99% cuando GiZScore > 2.0. En azul (*cool spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores bajos, en rojo (*hot spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores altos. Datos analizados en porcentaje por año.



GiZscore: Niveles de significancia estadística , significancia del 99% cuando GiZScore > 2.0. En azul (*cool spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores bajos, en rojo (*hot spots*) zonas significativas de agrupamientos de valores altos. Datos analizados en km² /año.

Datos producidos

Nombre del producto	Nombre de archivo	Metadato
Hot Spots (Hansen loss 2007-2011)	Getis_hansen_estandarizada.shp Getis_hansen_porcentaje.shp	Getis_hansen_estandarizada.htm Getis_hansen_porcentaje.htm
Hot Spots ganancia y perdida bruta (Inegi serie 4 y serie 5)	Getis_ganancia_bruta_estandarizada.shp Getis_ganancia_bruta_porcentaje.shp Getis_perdida_bruta_estandarizada.shp Getis_perdid_bruta_porcentaje.shp	Getis_ganancia_bruta_estandarizada.htm Getis_ganancia_bruta_porcentaje.htm Getis_perdida_bruta_estandarizada.htm Getis_perdid_bruta_porcentaje

		.htm
Hot Spots cambio neto (Inegi serie 4 y serie 5)	Getis_cambioneto_porcentaje.shp Getis_cambioneto_estandarizado.shp	Getis_cambioneto_porcentaje.htm Getis_cambioneto_estandarizado.htm

Anexos

Anexo 1 – Cálculo del índice de Getis-Ord G_i^*

The Getis-Ord local statistic is given as:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - \left(\sum_{j=1}^n w_{i,j}\right)^2}{n-1}}} \tag{1}$$

where x_j is the attribute value for feature j , $w_{i,j}$ is the spatial weight between feature i and j , n is equal to the total number of features and:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \tag{2}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2} \tag{3}$$

The G_i^* statistic is a z-score so no further calculations are required.

Referencias

ArcGis versión 9.3 manual de ayuda.

Longley, P.A., M. Batty. 1996, Spatial Analysis:Modelling in a GIS Environment. John Wiley & Sons, pag. 262-266

Spencer Chainey, Lisa Tompson and Sebsatian Uhlig. The utility of Hotspot mapping for predicting spatial patterns of crime. Security Journal, 2008 21, (4-28).

Ord JK, A Getis. 1992. The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographical Analysis* 24(3): 189-206.

Ord JK, A Getis. 1995. Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application. *Geographical Analysis* 27(4): 286-306.