CONECTIVIDAD MUNICIPAL Y REGIONAL 2009

INTRODUCCIÓN

El Atlas de Caminos y Carreteras del Estado de Jalisco (ACCEJ), desde el año 2005, ha inventariado la infraestructura para el transporte terrestre automotor en el estado de Jalisco. Derivado de los trabajos del ACCEJ, surgió la necesidad de buscar la manera de medir la capacidad de comunicación por vía terrestre en un municipio o una región del estado. En este sentido, se plantearon en 2006, los índices de cobertura, accesibilidad y conectividad.

La actualización del ACCEJ en el 2009, nos permitió calcular el indicador de conectividad para el periodo mencionado y, al igual que la conectividad para el año 2006, el indicador de conectividad se determina para cada municipio del estado a partir de dos índices: cobertura y accesibilidad, encontrando variaciones interesantes en algunos municipios.

A continuación se describen los índices utilizados, así como los procesos que se realizaron para obtener el indicador de conectividad 2009. Es importante mencionar, que no se calculó ningún índice para los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan debido a que la densidad de la red de caminos y carreteras que integran a estos municipios no es significativo respecto a otras vías como las calles y avenida, éstas no se incluyen en el análisis del resto de los municipios de Jalisco.

CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR

El ***índice de cobertura*** por municipio se calcula considerando la distancia total en kilómetros lineales de caminos y carreteras con las que cuenta cada municipio; la cual es ponderada por el tamaño de cada municipio ya que la cobertura se ve influida por su tamaño. La fórmula es la siguiente:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} L_i}{S}$$

Donde:

L_i Longitud del segmento (km)

S Superficie del municipio (km^2)

El cálculo de este indicador se efectúa obteniendo la sumatoria de todos los segmentos de caminos y carreteras del conjunto de datos del Atlas de Caminos y Carreteras del Estado de Jalisco 2009 para cada municipio, y dividiendo este valor entre su superficie municipal tomada del Mapa General del Estado de Jalisco 2008.

La lectura de este índice nos muestra la relación entre los kilómetros de infraestructura de caminos y carreteras que se tienen en un municipio por cada km^2. Sin embargo, con la finalidad de mantener los indicadores dentro de una misma escala para su comparación posterior con el indicador de accesibilidad, se normalizaron los valores entre cero y uno, donde el municipio con mayor número de kilómetros de caminos y carreteras por km^2 le corresponde el número 1 y el municipio con menor número de kilómetros de caminos y carreteras por km^2 le corresponde el valor 0. Para tal efecto, se usó la siguiente fórmula:

$$C_{nx} = \frac{C_x - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}}$$

Como ya se mencionó, el segundo componente para medir la conectividad es la accesibilidad. Este índice esta medido en términos de la dificultad de transitar a través de los caminos y carreteras de un municipio, esto es, se definió la resistencia al desplazamiento a partir de dos aspectos: 1) las

características propias del camino o la carretera como superficie de desplazamiento y número de carriles; y 2) la impedancia geográfica, definida como el costo que representa el desplazamiento entre dos puntos debido a su separación (distancia) y a las características del relieve (pendiente del terreno) sobre las que se encuentra la infraestructura de caminos y carreteras.

A la relación entre las características propias del camino o carretera y la impedancia geográfica se le denominó coeficiente de resistencia, que multiplicado por la longitud del segmento resulta en el ***índice de accesibilidad*** según la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i L_i}{\sum_{i=1}^{n} L_i}$$

Donde:

R_i Coeficiente de resistencia del segmento

L_i Longitud del segmento (km)

Para calcular este índice primeramente, se calcularon las pendientes en grados a partir de un modelo digital de elevaciones (MDE) calculado de las curvas de nivel del Conjunto de Datos Vectoriales 1:50,000 del INEGI, con una resolución de 10m, después se agruparon las pendientes para obtener la impedancia geográfica por donde pasa la infraestructura de caminos y carreteras, a saber: plano (<5), lomerío (5-15) y montañoso (>15).

El siguiente proceso consistió en relacionar los caminos y carreteras con la impedancia geográfica, esto se consiguió realizando un proceso de análisis espacial (intersección) donde para cada camino y carretera se le asignó su tipología de pendiente, este proceso corta los segmentos lineales cada vez que existe un cambio en el tipo de pendiente. El resultado es un conjunto de datos lineales donde cada segmento tiene como atributos las características propias del camino y su impedancia geográfica.

A cada segmento de este conjunto de datos, se le asigna espacialmente el municipio al que pertenece, con lo que ahora es posible calcular la sumatoria municipal de longitudes por cada tipo de camino o carretera e impedancia geográfica.

Se analizaron las características propias de la infraestructura de caminos y carreteras y su impedancia geográfica, resultando en la construcción del coeficiente de resistencia, con lo que se asigna un coeficiente alto a los caminos con más dificultad para el desplazamiento, es decir, con pendiente montañosa, superficie de desplazamiento no revestido o de un solo carril; y a su vez, un coeficiente menor a carreteras pavimentadas de varios carriles o en terrenos planos.

Finalmente, se aplica la fórmula para calcular el índice de accesibilidad, donde se multiplica cada coeficiente de resistencia por el total de longitud municipal correspondiente a los caminos y carreteras con ese coeficiente determinado. La sumatoria de todas las multiplicaciones de coeficientes de resistencia por sus longitudes en un municipio se divide entre la longitud total municipal.

Al igual que el índice de cobertura es necesario estandarizar los valores de la accesibilidad, según la siguiente fórmula:

$$A_{nx} = 1 - \frac{A_x - A_{\min}}{A_{\max} - A_{\min}}$$

El resultado de esta estandarización genera índices de accesibilidad con valores normalizados entre 0 y 1, donde el municipio con mejores condiciones de accesibilidad tiene valor 1 y el municipio con peor condición de accesibilidad tiene valor 0.

Una vez obtenidos los índices de cobertura y accesibilidad estandarizados para cada municipio, se determinó el ***índice de conectividad***:

$$C' = \frac{C + A}{2}$$

Donde:

- C' :Índice de Conectividad
- C : Índice de Cobertura
- A : Índice de Accesibilidad

Para la representación de los índices, se definieron cinco clases que representan los grados de cobertura, accesibilidad y conectividad. Con este fin, se eligió utilizar el método basado en desviaciones estándar, dado que es una medida común de la dispersión. Cuando la dispersión en un conjunto de datos es pequeña, los valores se agrupan en torno a la media, por el contrario, cuando los valores se dispersan ampliamente en torno a la media, la dispersión es grande. De esta manera, se tomó como base la media (M) de cada conjunto de datos y se le restaron o sumaron desviaciones estándar (SD) para obtener los anchos de cada clase. En la siguiente tabla se muestran la construcción de los rangos y su correspondiente valor del indicador de conectividad y, sus dos componentes, cobertura y accesibilidad:

GRADO	RANGO	CONECTIVIDAD	COBERTURA	ACCESIBILIDAD
Muy bajo	Mín a M – 1.5(SD)	0 – 0.2038	0 – 0.0637	0 – 0.2483
Bajo	M – 1.5(SD) a M – 0.5(SD)	0.2039 – 0.3641	0.0638 – 0.2722	0.2484 – 0.4241
Medio	M – 0.5(SD) a M + 0.5(SD)	0.3642 – 0.5243	0.2723 – 0.4807	0.4242 – 0.5998
Alto	M + 0.5 (SD) a M + 1.5(SD)	0.5244 – 0.6846	0.4808 – 0.6893	0.5999 – 0.7755
Muy alto	M + 1.5(SD) a Máx	0.6847 – 1	0.6894 - 1	0.7756 – 1

RESULTADOS

Índice de cobertura por municipio:

Las regiones que tienen municipios con cobertura muy baja son Sierra Occidental, Sierra de Amula y Norte, esto se puede explicar principalmente por dos circunstancias relacionadas directamente con el territorio: el tamaño territorial (superficie) y la orografía. El municipio con la menor relación entre los kilómetros de infraestructura de caminos y carreteras por km^2 es Atenguillo (región Sierra Occidental) con 109km de caminos y carreteras y una superficie de 795 km^2, seguido por San Martín de Bolaños (región Norte) con 306km de caminos y carreteras y una superficie de 2,058km^2 y Atengo (región Sierra de Amula) con 84km de caminos y carreteras y una superficie de 550 km^2, este rango representa el 4% de los municipios del estado.

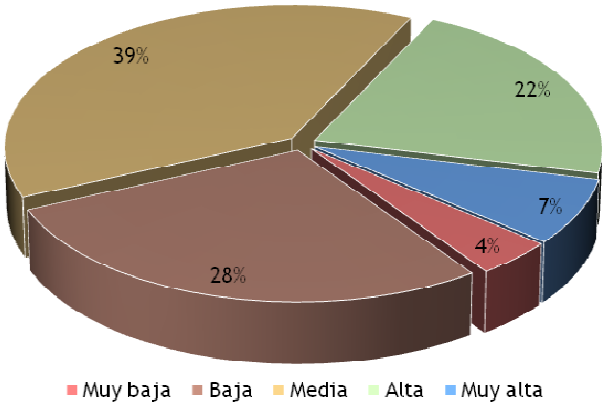
La cobertura baja está conformada por municipios de todas las regiones a excepción de la región Ciénega, comprende el 28% de los municipios incluidos en el análisis, es importante mencionar que incluye todos los municipios de la región Costa Norte (Cabo Corrientes, Puerto Vallarta y Tomatlán).

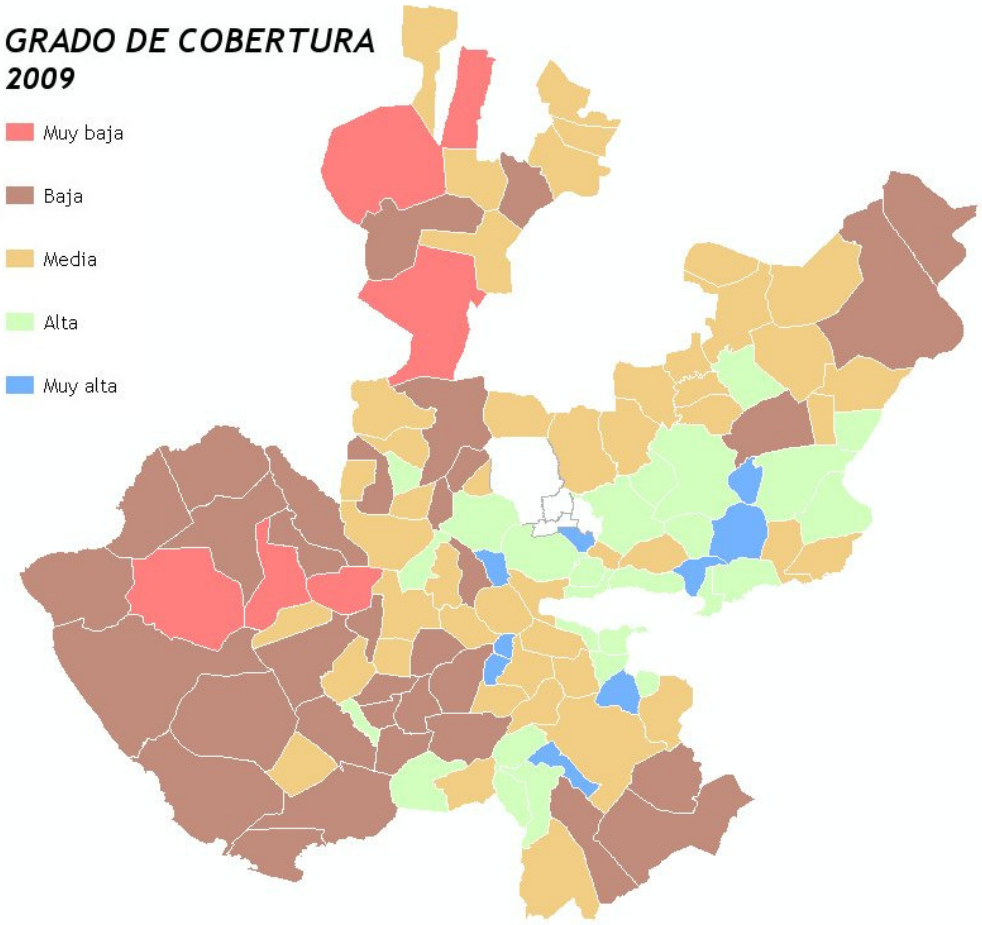
Por otro lado, la cobertura media comprende el 39% de los municipios, siendo la categoría más amplia y con municipios de todas las regiones excepto Costa Norte, que como se mencionó anteriormente se encuentra en su totalidad con cobertura baja.

La cobertura alta representa el 21% de los municipios analizados, y se localiza en municipios de las regiones Altos Norte, Altos Sur, Centro, Ciénega, Sierra de Amula, Sur, Sureste y Valles.

En cambio, el 7% de los municipios se categorizaron como de cobertura muy alta, los regiones que tienen municipios en este rango son Centro, Ciénega, Altos Sur, Sur y Sureste, siendo el de mejor cobertura San Ignacio Cerro Gordo (región Altos Sur) con una relación de longitud de caminos y carreteras contra superficie de 189km/228 km^2, seguido por El Salto (región Centro) 83km/113 km^2 y Atotonilco el Alto (región Ciénega) 406km/566 km^2.

Cobertura		
Grado	Municipios	Porcentaje
Muy baja	5	4
Baja	34	28
Media	47	39
Alta	26	21
Muy alta	9	7





Índice de accesibilidad por municipio:

En lo que se refiere a la facilidad de transportarse al interior de un municipio por superficie de rodamiento e impedancia geográfica, encontramos que el municipio con peor accesibilidad es San Martín de Bolaños (región Norte), seguido de cerca por Santa María del Oro (región Sureste) y Talpa de Allende (región Sierra Occidental). Las regiones con municipios de accesibilidad muy baja se localizan en las regiones Costa Norte, Costa Sur, Norte, Sierra Occidental, Sur, Sureste y Valles, y representan un 8% de los municipios analizados. Todos estos municipios se encuentran en zonas de relieve muy accidentado, es decir, su impedancia geográfica corresponde a valores de pendiente altos, además de contar en su mayoría con infraestructura de caminos (terracerías y brechas) y con muy pocas carreteras.

El 22% de los municipios tienen una accesibilidad baja, y se localizan en su mayoría en las regiones de Sierra de Amula, Sierra Occidental, Sureste y Norte; aunque otras regiones del estado también tienen municipios con accesibilidad baja, a excepción de Ciénega y Altos Norte, hay que considerar que estas dos regiones cuentan con buena infraestructura carretera y poca pendiente.

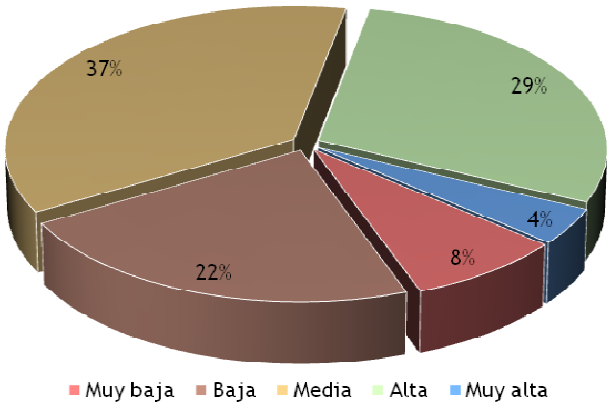
La accesibilidad media está presente en todas las regiones del estado y representa el 37% de los municipios.

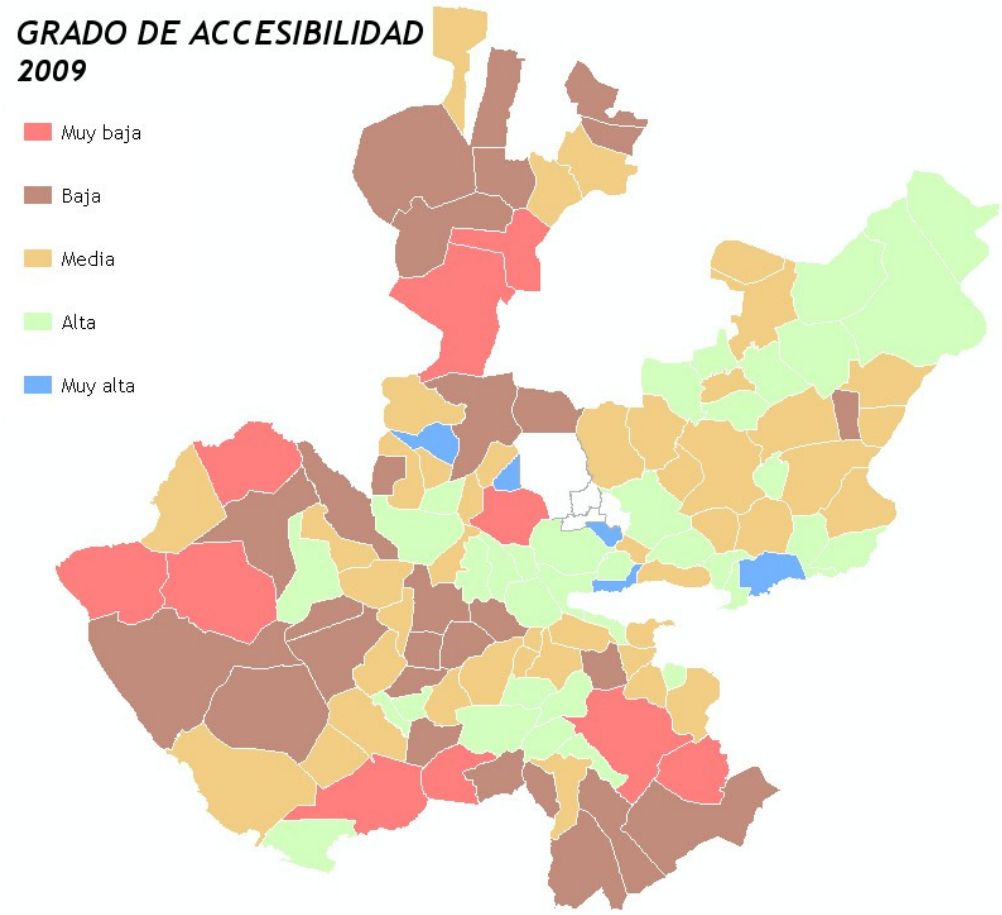
El 29% de los municipios tienen una accesibilidad alta, encontrándose en su mayoría en las regiones Altos Norte, Altos Sur, Centro, Ciénega y Sur, y con presencia también, aunque en menor medida, en Costa Sur, Sierra de Amula, Sierra Occidental, Sureste y Valles.

La accesibilidad muy alta representa el 4% de los municipios analizados, y sólo tienen presencia en tres regiones: Ciénega, Valles y Centro. El municipio con mayor accesibilidad del estado de Jalisco es El Salto (región Centro), seguido por El Arenal y Magdalena (región Valles), La Barca y Chapala (región Ciénega).

Accesibilidad

Grado	Municipios	Porcentaje
Muy baja	10	8
Baja	27	22
Media	44	37
Alta	35	29
Muy alta	5	4





Índice de conectividad por municipio:

La conectividad es un indicador que permite medir la capacidad de comunicación por vía terrestre en los municipios del estado de Jalisco, a partir de los dos indicadores anteriores, uno referente a la calidad y facilidad de transitar en el interior de un municipio (accesibilidad) y el otro entendido como la cantidad y densidad en el territorio municipal (cobertura).

La conectividad muy baja se encuentra en el 6% de los municipios pertenecientes a las regiones Sierra Occidental, Norte, Costa Sur y Costa Norte, todos los municipios con conectividad muy baja tienen cobertura y accesibilidad muy baja o baja.

El municipio menos conectado es San Martín de Bolaños (región Norte), el cual, para el estudio anterior de conectividad realizado con el conjunto de datos del 2006, también era el municipio menos conectado. Además de éste, los municipios de Bolaños y Mezquitic (región Norte), Villa Purificación (Costa Sur), Talpa de Allende y San Sebastián del Oeste (región Sierra Occidental), conservaron el grado de conectividad muy bajo desde el estudio anterior, esto debido principalmente a la que no existen cambios significativos en su infraestructura de caminos y carreteras. Por otro lado, el municipio de Cabo Corrientes (Costa Norte) pasa de grado bajo en 2006 a muy bajo, posiblemente por la ausencia de nueva infraestructura carretera, sin embargo está casi en el límite entre el cambio de rangos para tener conectividad baja.

Otros municipios que se encontraban con conectividad muy baja en 2006, actualmente se encuentran con conectividad baja, estos municipios son: Cuautitlán de García Barragán, Chiquilistlán, Atengo, Ayutla, Cuautla, Guachinango, Mascota, Santa María del Oro, Tecalitlán y Tequila.

El 25% de los municipios registraron una conectividad baja, siendo predominante en las regiones Sureste, Sierra Occidental, Sierra de Amula, Costa Norte y Cosa Sur, aunque también tiene presencia en municipios de Altos Norte, Centro, Norte, Sur y Valles. Como se mencionó anteriormente, algunos municipios cambiaron de conectividad muy baja a baja, pero en su mayoría los municipios con conectividad baja en 2006 se conservan en 2009.

Otros cambios detectados entre el 2006 y el 2009, se dan de conectividad baja a conectividad media en 10 municipios: San Miguel El Alto, Quitupan, Juanacatlán, San Gabriel, Atenguillo y, cuatro municipios de la región Norte: Santa María de los Ángeles, Colotlán, Totatiche y Huejuquilla El Alto.

Estos cambios se dan por el cambio de infraestructura de algunos caminos a carreteras o por la culminación de tramos de carretera que en 2006 estaban en construcción y que en el levantamiento de 2009 se reportan como terminados.

La conectividad media comprende a 36% de los municipios analizados, es decir, 43 municipios, de ellos, 23 conservaron la conectividad media desde 2006, 10 pasaron de conectividad baja a media, y 10 pasaron de conectividad alta a media. En general, los municipios con este grado de conectividad tuvieron durante este periodo inversión en caminos y en la construcción de nuevos tramos carreteros. Exceptuando a las regiones Ciénega y Costa Norte, todas las regiones del estado presentan conectividad media, siendo predominante en las regiones Altos Norte, Centro, Sierra de Amula, Sur y Valles.

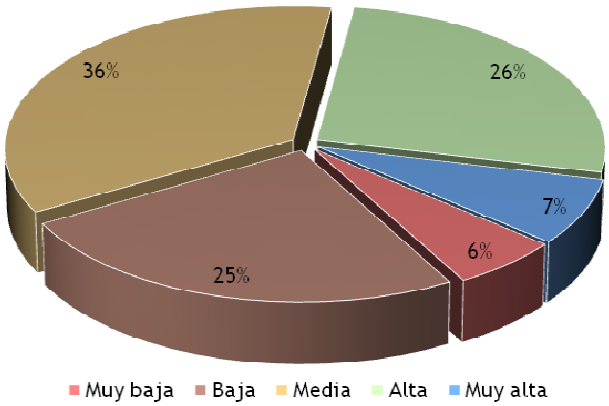
Como se ha venido observando, las regiones Altos Sur y Ciénega son los que presentan mejores niveles de conectividad en sus municipios. La conectividad alta representa el 26% del estado, y además de las regiones de Altos Sur y Ciénega se encuentra presente en la región Altos Norte, Centro, Sur, Sureste y Valles.

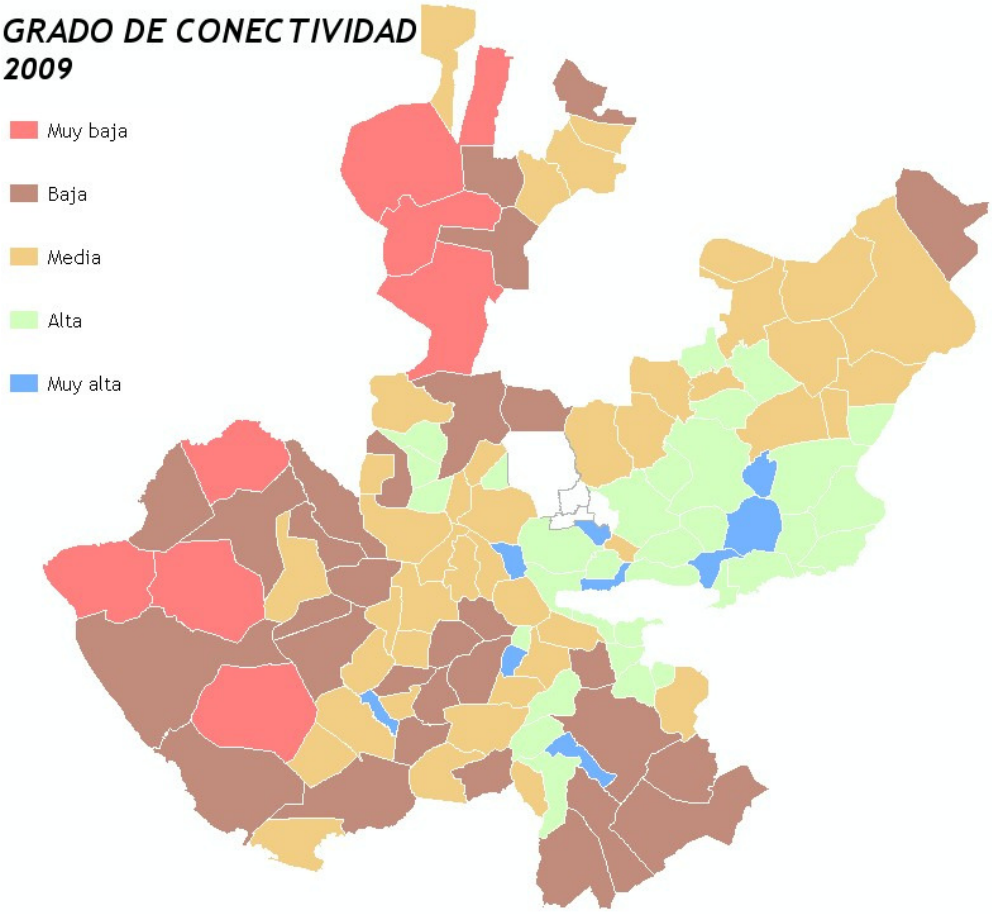
La conectividad muy alta representa el 7% del estado, es decir, 9 municipios, de ellos todos conservan el grado de conectividad muy alto desde 2006 a excepción de Atotonilco El Alto que en 2006 presentaba una conectividad alta. Atotonilco El Alto cambia de grado debido a que se terminó un tramo de carretera que en 2006 se registraba en construcción y a que presentó también inversión en infraestructura de caminos. Los municipios con conectividad muy alta se caracterizan por tener grados de cobertura muy alta, alta y media, pero sobre todo por tener grados de accesibilidad alta y muy alta, con lo que inferimos que no solo presentan una red distribuida por el territorio municipal, sino que contienen obras de infraestructura carretera como carreteras de cuota, federales y estatales, es decir, con superficies de rodamiento e impedancias geográficas que favorecen la conectividad.

El municipio con mejor conectividad del estado es El Salto (región Centro), seguido de San Ignacio Cerro Gordo (región Altos Sur). Otros municipios con conectividad muy alta son: Ocotlán, Chapala, Acatlán de Juárez, El Grullo, Atotonilco el Alto, Amacueca y Zapotiltic.

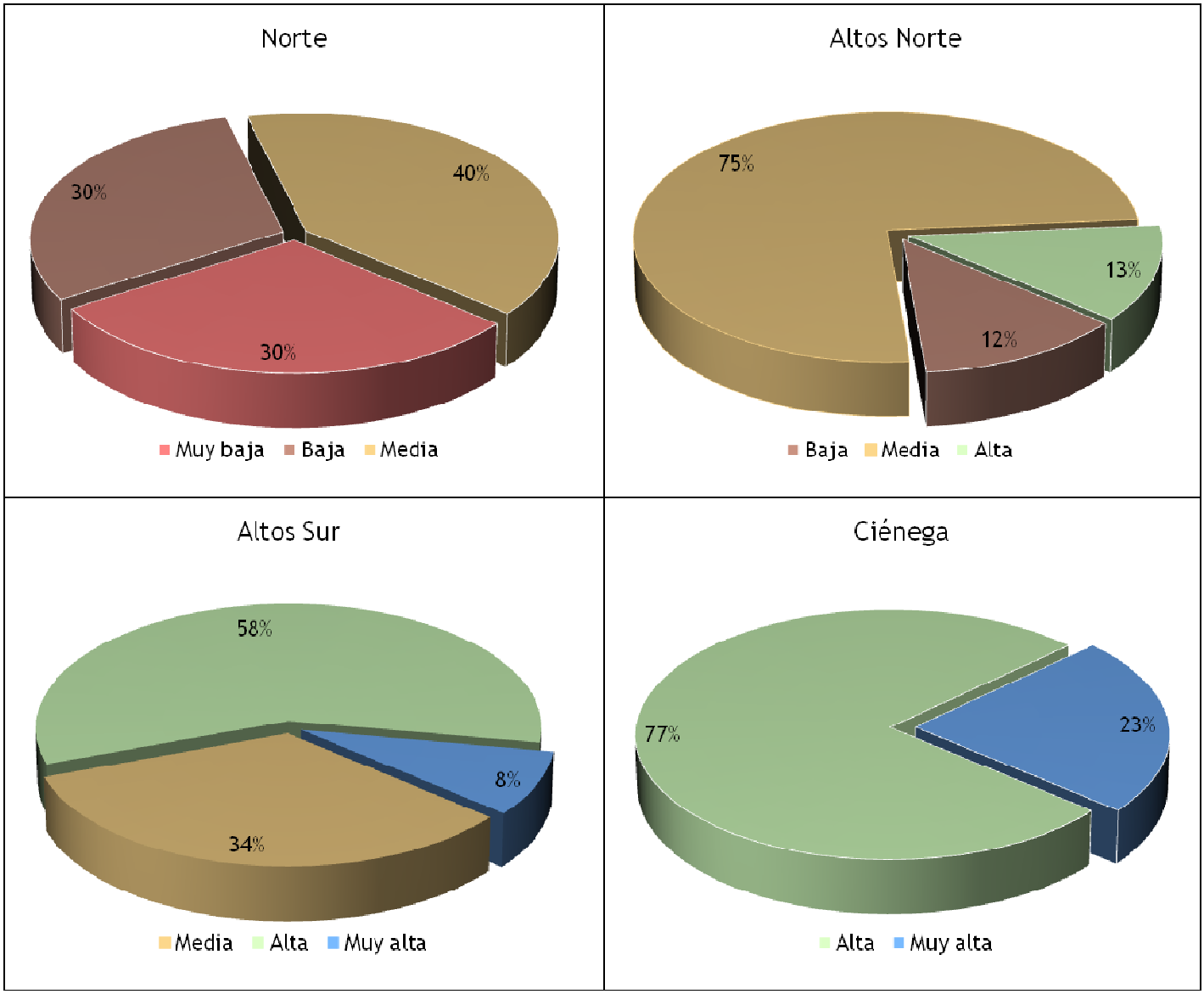
Conectividad

Grado	Municipios	Porcentaje
Muy baja	7	6
Baja	30	25
Media	43	36
Alta	32	26
Muy alta	9	7

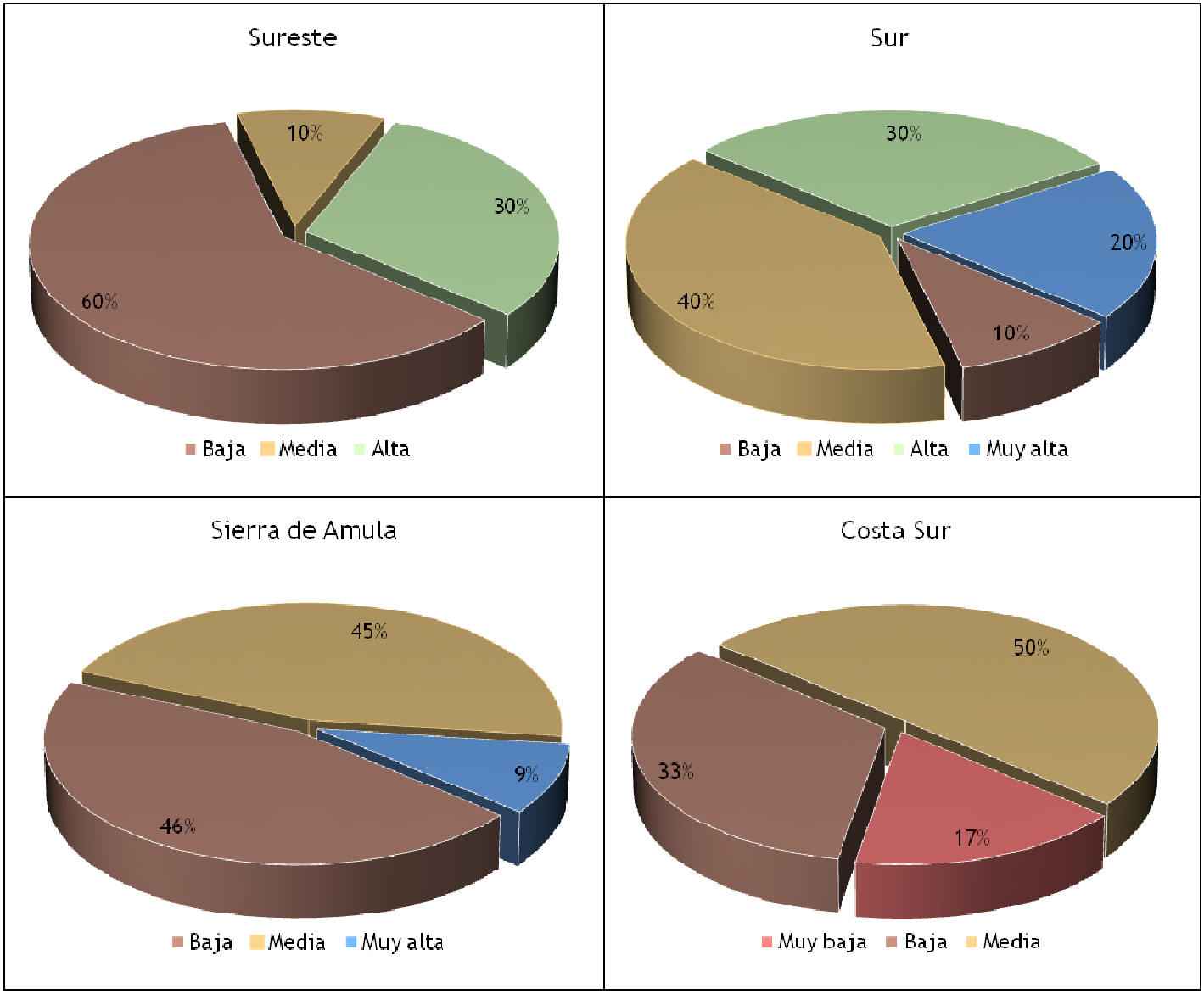




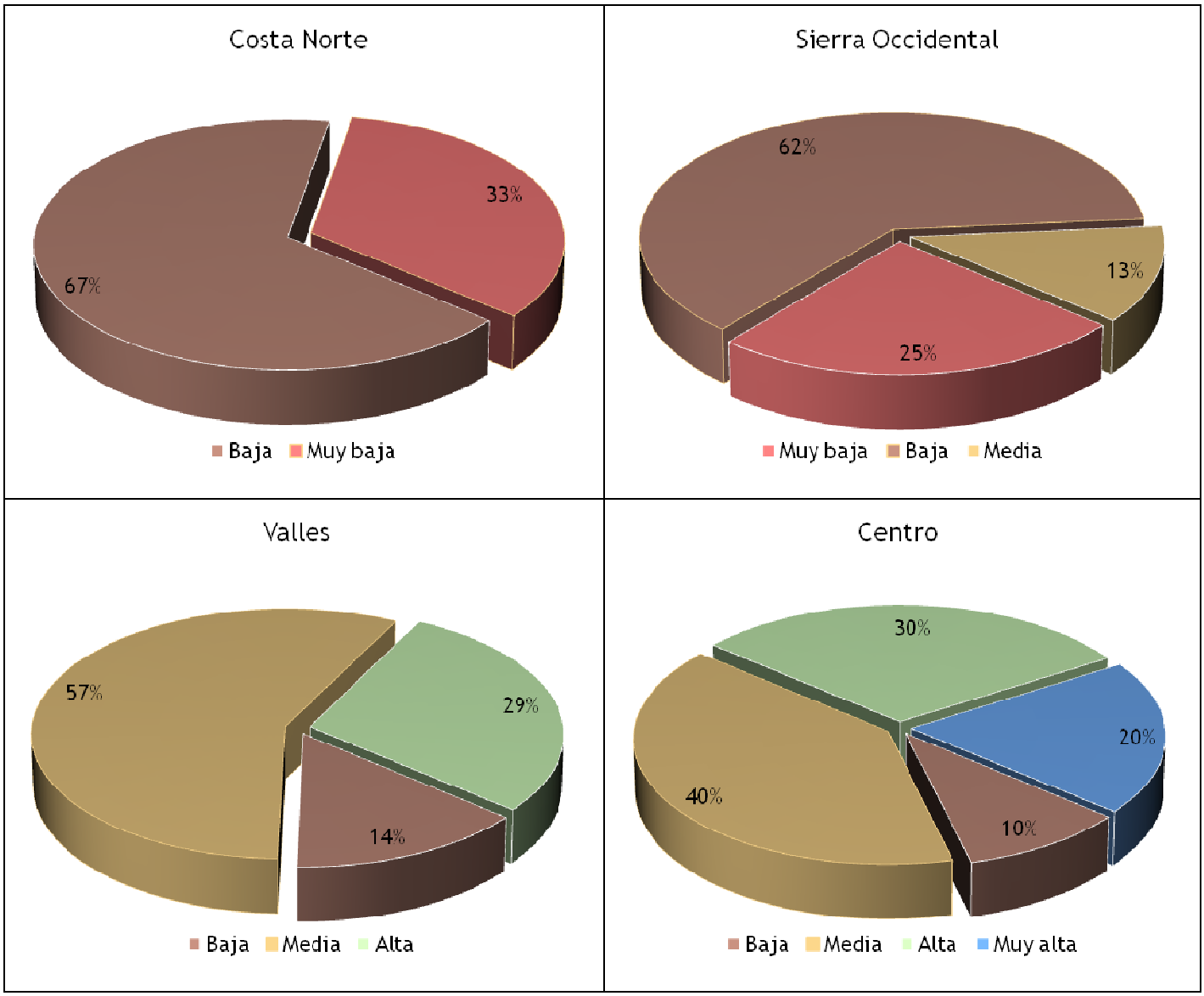
Distribución de grado de conectividad municipal dentro de las regiones del estado de Jalisco



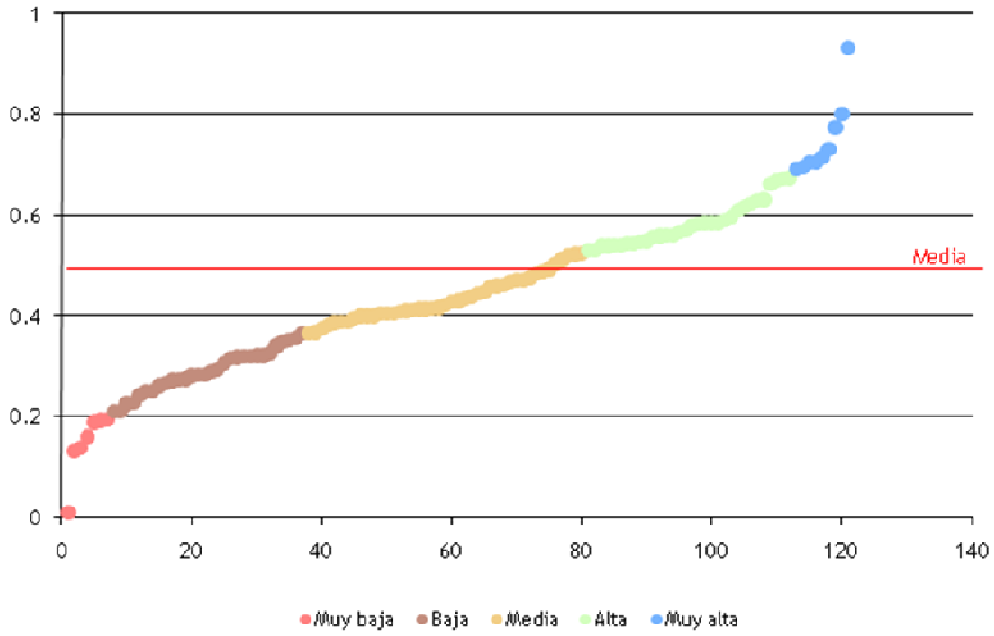
Distribución de grado de conectividad municipal dentro de las regiones del estado de Jalisco (cont.)



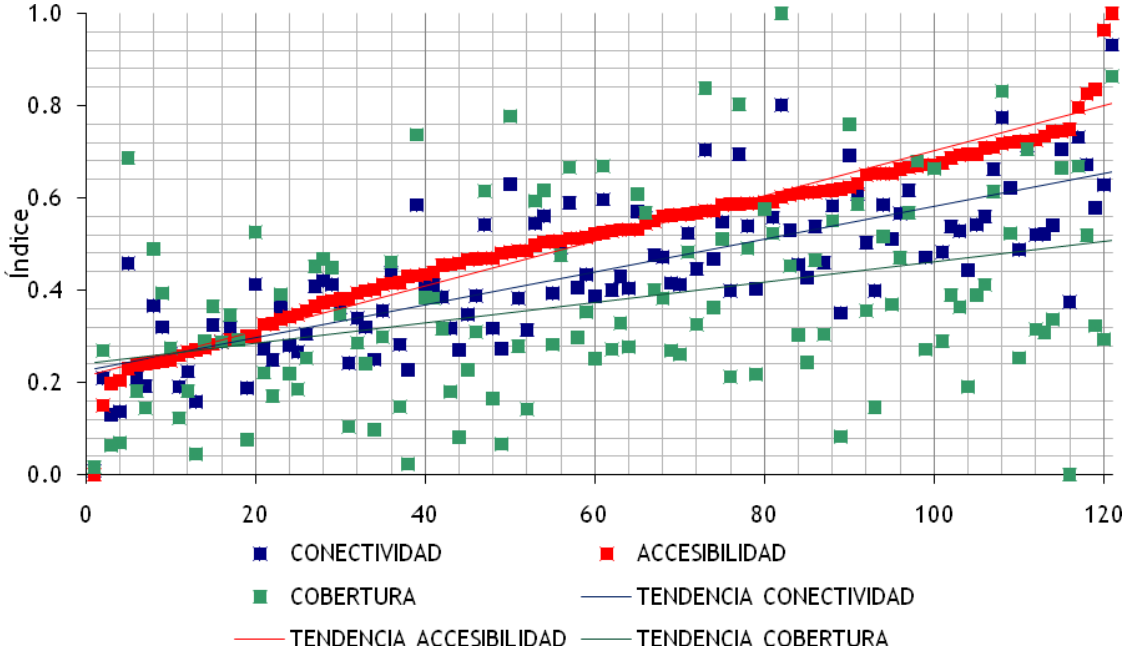
Distribución de grado de conectividad municipal dentro de las regiones del estado de Jalisco (cont.)



Distribución de la conectividad



Tendencia de los municipios del estado en cobertura, accesibilidad y conectividad

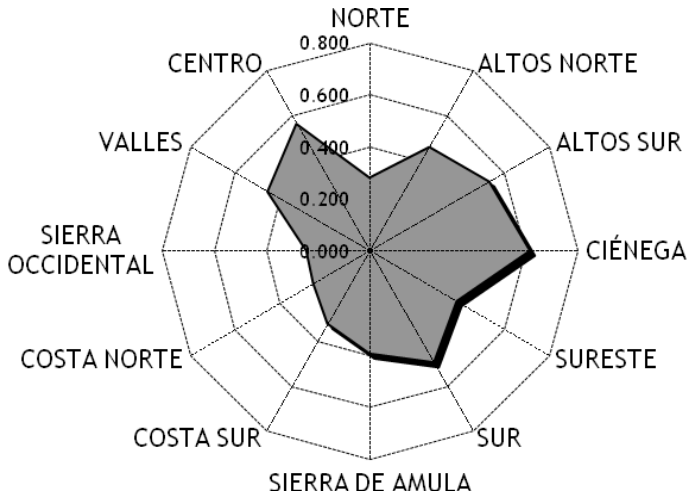


Conectividad estatal y regional:

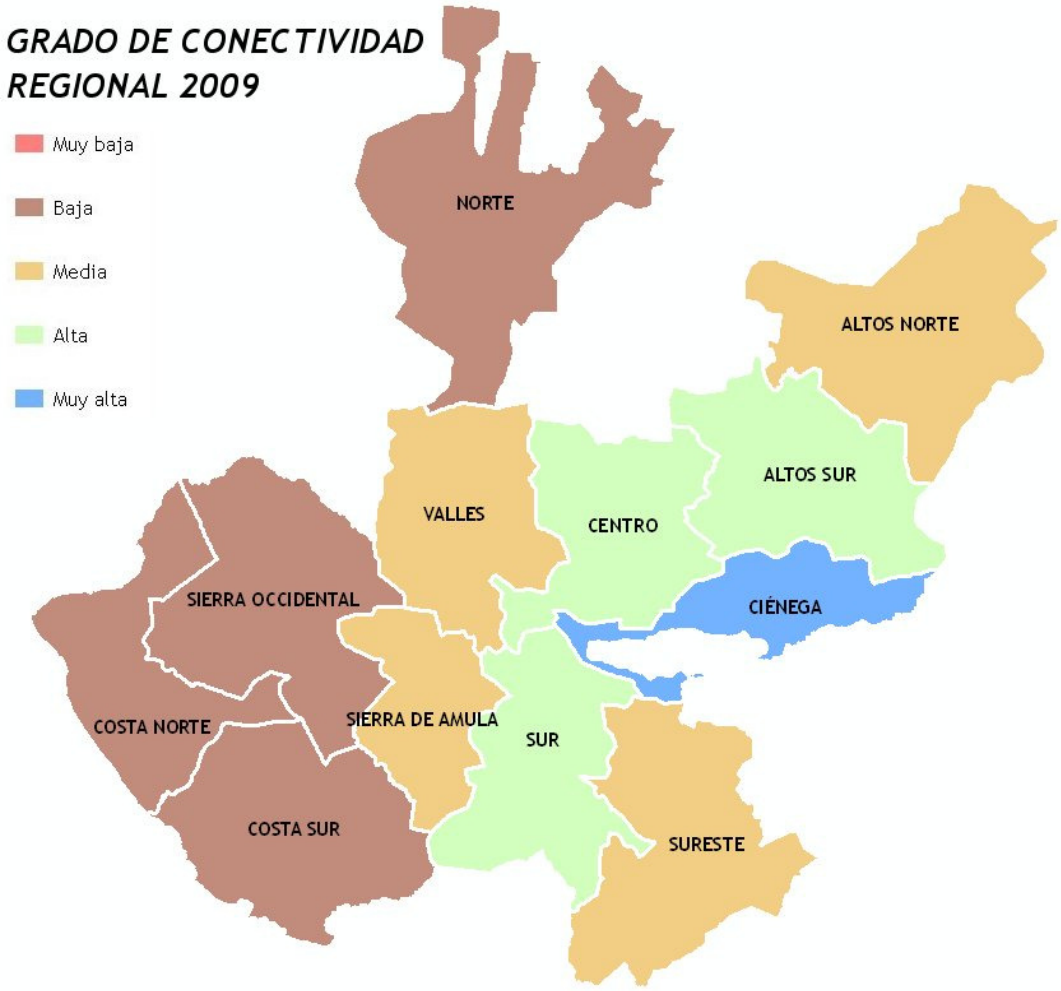
El estado de Jalisco presenta una conectividad media.

El cálculo para la conectividad de las regiones se realizó a partir del promedio de conectividad de los municipios que la conforman, y se aplicó, para la delimitación de categorías, el método antes mencionado de desviaciones estándar, con lo que se concluye que no existen regiones en el estado con conectividad muy baja.

A continuación se presentan las conectividades correspondientes a cada región:



	Región	Conectividad
01	Norte	Baja
02	Altos Norte	Media
03	Altos Sur	Alta
04	Ciénega	Muy alta
05	Sureste	Media
06	Sur	Alta
07	Sierra de Amula	Media
08	Costa Sur	Baja
09	Costa Norte	Baja
10	Sierra Occidental	Baja
11	Valles	Media
12	Centro	Alta
JALISCO		**Media**



En conclusión podemos mencionar que:

- El municipio con menor conectividad del estado es San Martín de Bolaños debido a una deficiente red de caminos (299km) y carreteras (7.5km), con una superficie municipal de 2,058km^2, por lo que se observa que en este municipio la red está prácticamente conformada por caminos y cuanta sólo con carreteras estatales, también cabe mencionar que la topografía está conformada por sierras y cañadas. La cobertura, la accesibilidad y la

conectividad de este municipio son muy bajos.

- El municipio con la conectividad más alta es El Salto, que por su cercanía a la zona urbana consolidada es atravesado por uno de los tramos nuevos del periférico. Tiene una cobertura muy alta (113km carreteras en 83 km^2) de los cuales 58km son de carreteras en pendientes bajas, con lo que la accesibilidad es muy alta y por lo tanto la conectividad también.
- La conectividad estatal es de grado medio.
- Las regiones con mejor conectividad son Ciénega, Altos Sur y Centro.
- Las inversiones estatales y municipales en infraestructura carretera de los últimos 3 años se ven reflejadas en el grado de conectividad alcanzado por los municipios.

FUENTE

Atlas de Caminos y Carreteras del Estado de Jalisco 2009. IITEJ.

Atlas de Caminos Rurales y Carreteras del Estado de Jalisco 2006. IITEJ.

Conectividad de los municipios de Jalisco 2006. IITEJ.

Mapa General del Estado de Jalisco 2008.

Conjunto de Datos Vectoriales escala 1:50,000. INEGI.