

## **La transición energética en el parque automovilístico en Cataluña**

### **1. Abstract:**

En el marco general de un proceso de cambio de modelo energético, se ha buscado caracterizar la evolución del parque automovilístico eléctrico e híbrido en Cataluña. Para ello se ha empleado la base de datos del ICAEN en el que constan las matriculaciones mensuales de este tipo de vehículos desde el 2017. Se ha identificado la tendencia general de evolución para posteriormente clasificar las diversas comarcas en relación a sus patrones de evolución. De manera complementaria se identifican las variables socioeconómicas que se vinculan a este tipo de patrones. De esta manera, se ha tratado de remarcar que los patrones de evolución del parque automotor eléctrico son poco equilibrados a nivel territorial.

### **2. Introducción.**

En la actualidad la transición energética se ha convertido en un elemento de vital importancia para las sociedades. Desde hace varios años se ha tenido presente que las fuentes energéticas fósiles, las más empleadas en la actualidad, están próximas a agotarse. Por ello, varias instituciones públicas y privadas se han visto obligadas a optar por soluciones que hagan uso de energías más sostenibles. Este es el caso del parque automovilístico. Incluso, en Barcelona como en otros territorios del ámbito nacional e internacional se han promovido una serie de programas que incentivan el uso del coche eléctrico. Varios de estos programas incluso subvencionan la compra de estos vehículos. Sin embargo, al parecer este proceso está promoviendo la segregación social y territorial. En este sentido, la transición energética tiende a relacionarse con el nivel socioeconómico, en el cual las rentas más altas logran acceder a energías más sostenibles, mientras que las rentas bajas continúan empleando energías convencionales.

Ante esta problemática, se ha tratado primero de identificar si las diversas políticas y necesidades que la sociedad ha visto en los últimos años se ha visto reflejada en el número de vehículos eléctricos matriculados en relación con el resto de vehículos. Para ello, se ha aplicado unas técnicas de regresión sobre series temporales que permiten identificar la tendencia general y las proyecciones para los próximos meses. Igualmente debido a que los datos son fluctuantes entre los diversos meses se ha creído conveniente identificar los intervalos de confianza en el que se pueda visibilizar claramente la evolución de esta variable.

Además, tal como se ha mencionado, el patrón de evolución varía de acuerdo a cada territorio por lo que se ha identificado clúster en función de las series temporales. Con ello se logra agrupar comarcas en función de la evolución de su parque automotriz eléctrico. Una vez obtenidos estos clúster se ha calculado la importancia de variables socioeconómicas.

### 3. State of Art

En España, al igual que en otros países, el camino hacia un sistema energético renovable es sumamente largo. Desde hace más de un siglo las sociedades han sido ampliamente dependientes de las fuentes fósiles. Por ello, en los últimos años se han implementado una serie de políticas y programas encaminadas a promover un cambio del modelo energético en prácticamente todos los ámbitos de la sociedad (Jonnes, 2004).

Ahora bien, por el momento que atravesamos, el tema de la dependencia energética se ha vuelto palpable y sumamente preocupante (ACER, 2019; EIA, 2020). Por ello, es necesario acceder a tecnologías sostenibles y locales (Renner & Giampietro, 2020; Schott, 2003). Teniendo en cuenta que, desde inicio del siglo XX, la población se ha vuelto sumamente dependiente del automóvil, este es uno de los aspectos clave para lograr este cambio energético. Además, el sector del transporte consume el 45% de la energía final. (MITECO, 2019) Así, se ha analizado varios modelos de movilidad en función de la sostenibilidad (Gutiérrez & Pérez-Pintor, 2019).

En base a esto son varios los análisis tendenciales que se han realizado para identificar los diversos escenarios futuros en relación al número de vehículos eléctricos (Robinson, 2018). En los cuales se entiende que estas tecnologías se incrementarán notablemente. También resulta evidente que este nuevo modelo se implantará en una red urbana en la cual se han generado procesos de segregación y polarización (Checa & Nel-lo, 2021; Morales et al., 2019). Varios estudios han mostrado la relación entre la transición energética y las características socioeconómicas y residenciales (López, 2021; López Joan, 2021; Smil, 2010). Sin embargo, en estos análisis se emplea únicamente análisis tendenciales generales en los que no se muestran los comportamientos diferenciales entre territorios. Por lo tanto, se ha creído oportuno contribuir en esta temática que puede ser considerada de gran relevancia si se tiene en cuenta que cada ámbito tiene su propio proceso de evolución. En este sentido, la identificación de diversos patrones a través de series temporales resulta de gran ayuda para en un futuro tratar de definir líneas de acción que promuevan un desarrollo homogéneo en la región.

### 4. Metodología

Para el análisis de estos datos se han empleado dos principales fuentes de información de organismos públicos. La primera hace referencia a los datos de vehículos eléctricos e híbridos publicados por el ICAEN – Instituto Catalán de Energía, los cuales se encuentran disponibles en la siguiente dirección.

<https://analisi.transparenciacatalunya.cat/es/Transport/Matriculacions-mensuals-de-vehicles-electrificats/-eds6-562k>

La base de datos contiene información sobre cada vehículo matriculado desde enero del 2017. Como parte de las variables disponibles se encuentra el código del municipio, la comarca, el modelo del vehículo, el tipo de propietario. Cabe mencionar que la comarca 42 – Moianes no cuenta con información. Puede que este hecho se deba a que esta comarca es de nueva creación, ya que se configuró recién a partir del año 2015.

La segunda base de datos se extrajo del Idescat – Estadística oficial de Cataluña. De esta plataforma se obtuvo información referente a la renta, población, densidad y superficie por comarca.

Luego, a fin de graficar los datos se ha empleado las delimitaciones comarcales disponibles en la pagina del ICGC – Instituto Cartográfico y Geográfico de Cataluña. Cabe mencionar que para unir estas diferentes bases de datos se empleo como clave el código de comarca que tuvo que ser incorporado en la base de dato del ICAEN.

De igual manera, a fin de contextualizar el estudio se han extraído datos mensuales de la DGT – Dirección General de Trafico sobre los vehículos matriculados desde enero- 2019 a agosto del 2022. De esta manera se puede visibilizar la evolución del parque vehicular general y contrastarlos con el patrón evolutivo de los vehículos eléctricos.

Una vez identificadas las bases de datos, se procedió a aplicar una regresión polinómica a fin de modelar un valor esperado en base a los datos temporales. Igualmente se obtuvieron las líneas referentes a los intervalos de confianza. Para ello las librerías empleadas fueron:

- sklearn.preprocessing /PolynomialFeatures
- bootstrap/ Bootstrap\_ci

Luego para definir del numero de clúster y la identificación de los mismo se emplearon las siguientes librerías:

- tslearn.clustering/ TimeSeriesKMeans, silhouette\_score
- kneed /KneeLocator
- sklearn.preprocessing /minmax\_scale

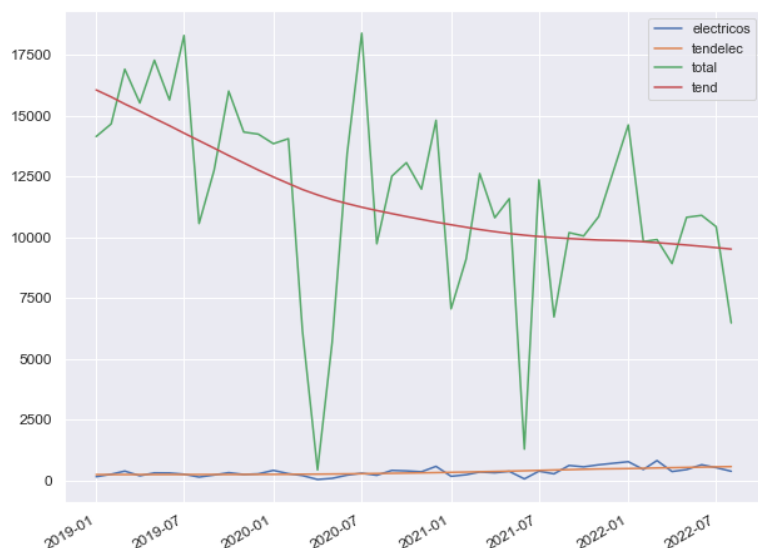
Finalmente para identificar el posible vinculo entre los clúster y las variables socioeconómicas se empleo :

sklearn.ensemble/ RandomForestRegressor

## 5. Resultados:

Los datos muestran que por ejemplo en la provincia de Barcelona el numero total de coches matriculados a disminuido en un 35% entre el 2019 al 2021, pasando de 213 a 137 mil vehículos. Esta tendencia puede estar influenciada por los nuevos patrones originados por el COVID 19, la inestabilidad económica, el incremento del costo energético, políticas de movilidad. Sin embargo, en el caso de los vehículos eléctricos estos han tenido un proceso de evolución distinto. A pesar de que este grupo de vehículos apenas representaba un 1.4% del parque vehicular en el 2019, este ha registrado un incremento de un 60% hasta el 2021.

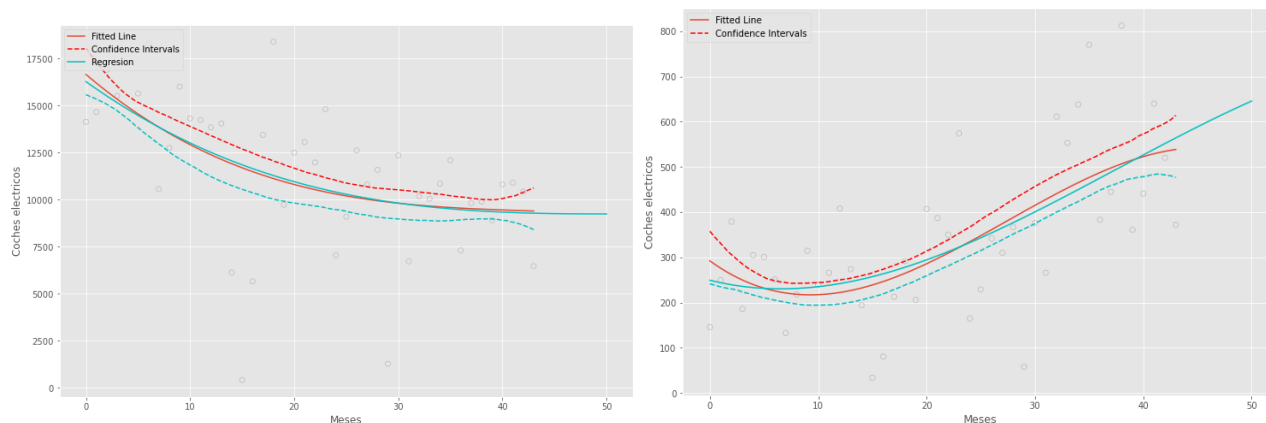
*Gráfico 1 . Evolución del parque vehicular general y eléctrico. Barcelona 2019-2022*



Fuente: autor

En este sentido, de acuerdo a los datos obtenidos se ha podido corroborar que el número de matriculaciones de los vehículos en general se mantendrá relativamente estable en los próximos meses, mientras que los vehículos eléctricos e híbridos se incrementará notablemente.

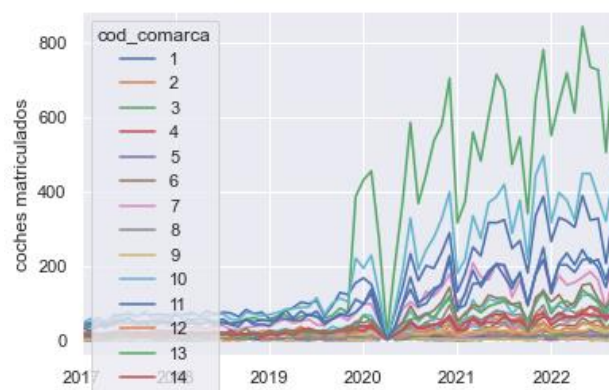
Gráfico 2. Tendencia e intervalos de confianza de la evolución del parque vehicular general y eléctrico. Barcelona 2019-2022



Fuente: autor

Ahora bien, esta nueva tendencia en el que se muestra una mayor preferencia por los vehículos cuya fuente energética es considerada mas sostenible, aunque se produce con desigual intensidad en el territorio. Esto se evidencia a través de las series temporales.

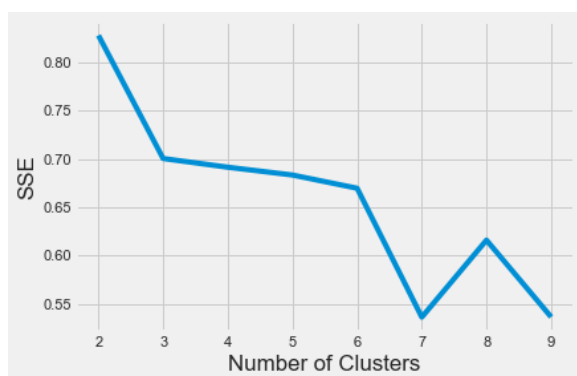
Gráfico 3. Serie temporal del número de coches eléctricos e híbridos matriculados por comarcas



Fuente: autor

En este sentido, se ha logrado identificar 4 clúster. El numero de clúster fue establecido a través de la identificación de la silueta y el kl.elbow.

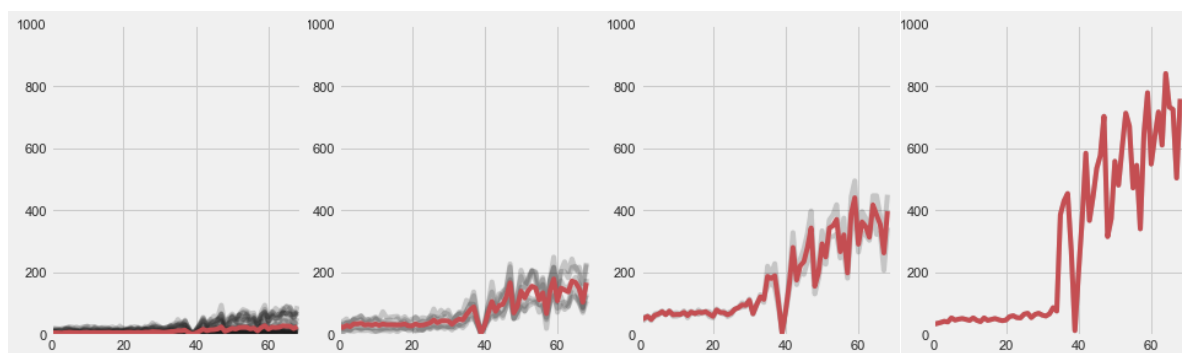
Gráfico 4. Silueta del numero de clúster posibles



Fuente: autor

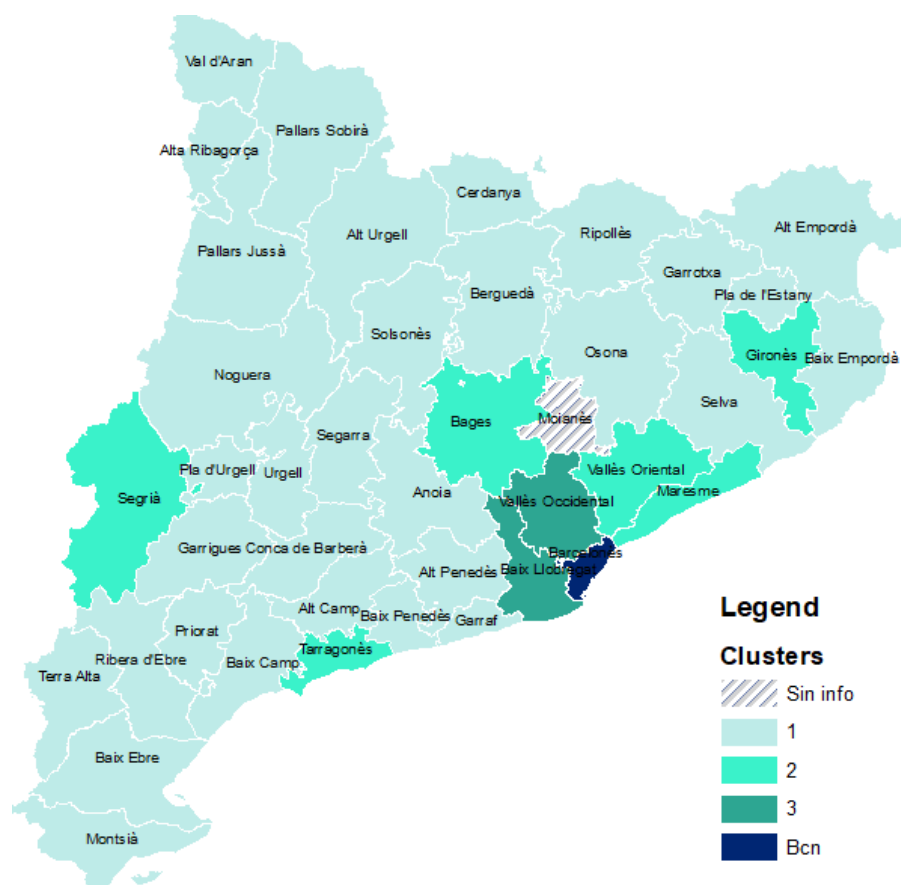
Así, una vez determinado el numero de clúster se procedió a aplicar un TimeSeriesKMeans, lo cual permitió agrupar las diversas series temporales relativas a cada comarca.

Gráfico 5. Clúster generado sen base a sus series temporales



Fuente: autor

Gráfico 6. Representación de grafica de las comarcas en base a los clúster generados.



Fuente: autor

Con la identificación de los clúster se buscó una relación entre ellos y algunas variables socioeconómicas. Y a través de un RandomForestRegressor se determinó la importancia de las variables contempladas. Así, se obtuvo que la Renta Familiar Disponible es una de los factores más determinantes.

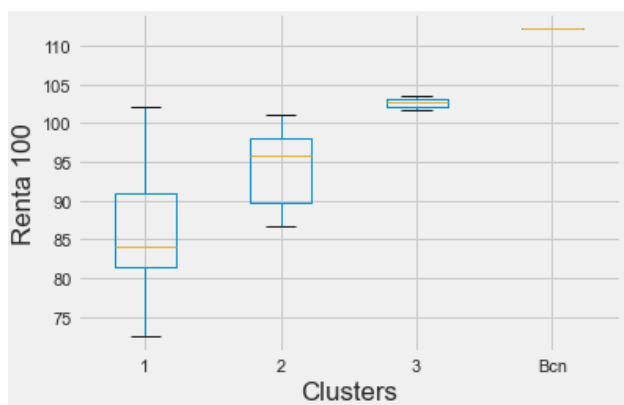
Tabla 1. Índices de importancia sobre el modelo de las variables socioeconómicas contempladas.

Variable: RFDB (miles de euros)	Importance: 0.36
Variable: total	Importance: 0.32
Variable: Población	Importance: 0.17
Variable: Densidad	Importance: 0.07
Variable: RFDB por habitante (miles de euros)	Importance: 0.04
Variable: renta 100	Importance: 0.04
Variable: Superficie km <sup>2</sup>	Importance: 0.01

Fuente: autor

Así, si analizamos la renta de cada comarca en base a los clúster establecidos con anterioridad podemos apreciar que aquellas comarcas con las rentas más bajas corresponden al clúster que ha mostrado un menor incremento del coche de vehículos eléctricos. Mientras que por el lado contrario, se encuentra el Barcelonès, cuya renta es la mas elevada de Cataluña y a su vez ha registrado el proceso de transición energética vehicular más intenso del ámbito de estudio.

Gráfico 7. Distribución de la renta por clúster



Fuente: autor

## 6. Conclusión:

A través de los diversos procesos aplicados a lo largo del estudio se ha podido caracterizar la evolución del parque vehicular eléctrico. Es evidente que este sector, esta teniendo un gran impacto en la movilidad actual y que se alinea con las políticas globales referidas a la transición energética sostenible.

Sin embargo, se esta generando un brecha importante no solo a nivel territorial sino a nivel social. Es decir que se produce una paradoja en la cual, únicamente la población localizada en ciertas zonas y con cierto nivel socioeconómico está teniendo la oportunidad de acceder a tecnologías más sostenibles cuyo precio será más accesible, mientras que la población de bajas rentas, al parecer, seguirá haciendo uso de tecnologías convencionales cuyos fuentes energéticas cada vez incrementan más sus precios, por lo que tendrán que destinar cada vez recursos de su renta limitada a la movilización (López, 2018). Esta ampliación de brechas sociales se ha generado también en otro tipo políticas como la de los subsidios (Asensio et al., 2003). La problemática es aun más preocupante si se considera que los municipios de baja densidad y dispersos son los que consumen más combustible. Por ello, en un marco de un desarrollo homogéneo, las ayudas debería estar enfocadas en estos territorios y en aquellos grupos que tienen rentas mas bajas (Redondo, 2017)

Actualmente, se han implementado una serie de programas para incentivar la transición energética no solo en el campo de los vehículos, sino también en las edificaciones. Se pueden solicitar una serie de ayudas para la instalación de placas fotovoltaicas, mejoramiento de la eficiencia energética de las edificaciones, comprar una moto y coche eléctrico. En este sentido, y en base a los resultados obtenidos, se podría concluir que el cambio de modelo energético ha favorecido a la población con mejores rentas y que al parece los programas energéticos pueden

estar influyendo en la ampliación de esta brecha territorial y social. En este sentido, quizá se podría pensar en direccionar dichas ayudas a los territorios y grupos sociales más vulnerables.

## 7. Referencies:

- ACER. (2019). *ACER Market Monitoring Report 2018 – Electricity and Gas Retail Markets Volume. 2018*, 46.
- Asensio, J., MATAS, A., & RAYMOND, J.-L. J.-L. (2003). Redistributive effects of subsidies to urban public transport in Spain. *Transport Reviews*, 23(4), 433-452.  
<https://doi.org/10.1080/0144164022000016658>
- Checa, J., & Nel-lo, O. (2021). Residential Segregation and Living Conditions. An Analysis of Social Inequalities in Catalonia from Four Spatial Perspectives. *Urban Science*, 5(2), 45.  
<https://doi.org/10.3390/URBANSOCI5020045>
- EIA. (2020). *Energy Technology Perspectives 2020*. Internacional Energy Agency. [www.iea.org/t&c/](http://www.iea.org/t&c/)
- Gutiérrez, J. A., & Pérez-Pintor, J. M. (2019). Movilidad Urbana Sostenible en Ciudades Medias. El caso del Campus de Cáceres. *Revista de Estudios Andaluces*, 37(37), 1-208.  
<https://doi.org/10.12795/rea.2019.i37>
- Jonnes, J. (2004). *Empires of light : Edison, Tesla, Westinghouse, and the race to electrify the world*. Random House.
- López, J. (2018). Consumo doméstico de electricidad y forma urbana en la región metropolitana de Barcelona. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 2018(76), 329-357.  
<https://doi.org/10.21138/bage.2525>
- López, J. (2021). Autoconsum d'energia per a tothom? Instal·lacions fotovoltaïques d'autoconsum i nivell de renda de la població. En *Làmines d'informació del Grup d'Estudis sobre Energia, Territori i Societat*.
- López Joan. (2021). El component territorial de la transició energètica a Catalunya. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 0(91), 117-142. <https://doi.org/10.2436/TSCG.V0I91.149560>
- MITECO. (2019). *Estrategia nacional contra la pobreza energética 2019-2024*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Morales, A. J., Dong, X., Bar-Yam, Y., & Pentland, A. (2019). Segregation and polarization in urban areas. *Royal Society Open Science*, 6(10). <https://doi.org/10.1098/rsos.190573>
- Redondo, J. L. (2017). Daily mobility, fuel consumption and urban form in the metropolitan region of barcelona. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 63(2), 447-471.  
<https://doi.org/10.5565/rev/dag.347>
- Renner, A., & Giampietro, M. (2020). Socio-technical discourses of European electricity decarbonization: Contesting narrative credibility and legitimacy with quantitative story-telling. *Energy Research & Social Science*, 59, 101279. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2019.101279>
- Robinson, D. (2018). Electric vehicles and electricity. *The Oxford Institute for Energy Studies*, June, 1-19.
- Schott, D. (2003). The City and the Electricity. En M. Hard & T. J. Misa (Eds.), *The Urban Machine. Recent Literature on European Cities in The 20th Century*. A «Tensions of Europe» electronic publication. [www.iit.edu/misa/toe20/urban-machine/](http://www.iit.edu/misa/toe20/urban-machine/)



Smil, V. (2010). *Energy transitions : history, requirements, prospects*. 245.  
[http://books.google.com/books?id=\\_1F4RAAACAAJ&pgis=1](http://books.google.com/books?id=_1F4RAAACAAJ&pgis=1)