

## Comportamiento ciclista, de la teoría a los hechos

Álvaro Fernández Heredia  
Researcher  
TRANSyT-Transport Research Center  
Universidad Politécnica de Madrid  
e-mail: [alvarof.heredia@upm.es](mailto:alvarof.heredia@upm.es)

Andrés Monzón de Cáceres  
Professor of Transport Economics  
Civil Engineering Department  
Universidad Politécnica de Madrid  
e-mail: [andres.monzon@upm.es](mailto:andres.monzon@upm.es)

### RESUMEN

El objetivo de la investigación ha sido mejorar el conocimiento que se tiene sobre los factores asociados a un mayor uso de la bicicleta. Por un lado, se quería profundizar en el papel de la importancia subjetiva que dan los usuarios a estos factores y, por otro, conocer cómo se relacionan estos factores entre sí, cuáles son sus conexiones y su incidencia sobre el comportamiento final. Esta información es útil para mejorar el conocimiento del comportamiento de los usuarios frente al uso de la bicicleta y para ver las líneas de actuación adecuadas en las políticas de fomento de la bicicleta.

La metodología desarrollada ha consistido en un estudio de la literatura científica para conocer los factores más importantes relacionados con el uso de la bicicleta. Posteriormente se han desarrollado grupos focales que han permitido ver cuáles de esos factores eran determinantes en el contexto del estudio. Para conocer las relaciones entre los factores y la valoración subjetiva de los usuarios se desarrolló una encuesta. Los resultados de esta encuesta han sido elaborados con modelos de ecuaciones estructurales. Siguiendo un proceso de análisis factorial exploratorio con estos modelos hemos podido determinar las relaciones entre los factores y detectar cuatro variables latentes que los agrupan. Con un proceso de análisis factorial causal hemos podido ver la relación entre estos factores y el uso de la bicicleta para, finalmente, determinar y contrastar un modelo que relaciona las variables latentes localizadas con el comportamiento final y la estructura de estas relaciones.

### 1. FACTORES QUE AFECTAN AL USO DE LA BICICLETA

Los factores que inciden en el uso de la bicicleta pueden ser agrupados, siguiendo la propuesta de Rietveld (Rietveld et al. 2004), en condicionantes individuales, factores socio-culturales, factores asociados a la bicicleta como modo de transporte y factores consecuencia de otros modos. Nosotros hemos preferido partir de esta clasificación para llegar a una clasificación relacionada con la forma que tenemos de percibir dichos factores.

1. *Condiciones individuales*: están relacionados con las características socio demográficas de los usuarios
2. Factores *objetivos* que pueden ser evaluados directamente sin mediar interacción alguna con el usuario. Entre ellos distinguimos los que nos afectan de forma *personal*, los que lo hacen de forma *colectiva* y están relacionados con el entorno y los *estructurales*, relacionados con condiciones en el diseño de la ciudad proclives a la bicicleta.

3. Factores subjetivos relacionados con la percepción que puedan tener los usuarios de factores y elementos asociados con la bicicleta.

En nuestro estudio nos hemos centrado en el último tipo de factores. Conocer la percepción de los factores subjetivos y su conformación era nuestro objetivo. Este conocimiento es útil para tener más información sobre la valoración de los ciclistas y sobre cómo esta puede ser utilizada para prever su comportamiento o mejorar las políticas ciclistas.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Presentación del caso de estudio**

La Ciudad Universitaria es un campus de 5,5 kilómetros cuadrados de superficie que se reparten tres universidades públicas, más de 30 colegios mayores, edificios institucionales, institutos de investigación, tres polideportivos y un jardín botánico. La ciudad Universitaria acoge a un total de 144 centros que suponen una población asociada de 112.871 personas.

Una de las soluciones de mejora del campus es introducir la bicicleta dentro de su oferta de movilidad. La bicicleta puede permitir realizar viajes que no son cubiertos por el transporte público y mejorar la oferta de modos no contaminantes.

El sistema UNIBICI es una propuesta de sistema de préstamo de bicicletas para su uso en la Ciudad Universitaria. Su objetivo es complementar la red de transportes que ya opera en la Ciudad Universitaria conectando sus nodos principales con los destinos finales. De esta forma se amplía la oferta de transporte público y se oferta además un nuevo transporte ideal para solventar la movilidad interna.

### **2.2 Desarrollo de la encuesta**

La muestra final recogida fue de 3.048 personas lo que con un intervalo de confianza del 95% supone un error estadístico del 1,78% y hubo una tasa de rechazo del 22% medida por la cantidad de encuestados que no completaron el cuestionario.

### **2.3 Variables psico-sociales de la bicicleta**

El hecho de que los factores clásicos que determinan el comportamiento de los usuarios de los modos de transporte tengan en la bicicleta un peso menor puede indicar que los factores subjetivos ganen importancia para caracterizar correctamente el comportamiento de los ciclistas (Eash 1999, Schossberg et al. 2009, Pinjari et al. 2008, Burbidge et al. 2009). Podemos decir –siguiendo la metáfora de Ben-Akiva- que la parte de la *caja negra* del comportamiento que los modelos no explican es en la bicicleta muy significativa y debe recibir nuestra atención (Ben-Akiva et al. 1999, Ben-Akiva et al. 2002, Barnes et al. 2005, Golob 2001, Golob 2003).

El primer paso de nuestro análisis ha consistido en estudiar con detenimiento todos los factores psico-sociales que pueden incidir en el uso de la bicicleta por parte de los usuarios. Los factores relacionados con el uso de la bicicleta pueden ser clasificados en función de si su percepción es sentida como una barrera para el uso de la bicicleta o como un incentivo.

- Factores que promueven el uso de la bicicleta:
  - Eficiencia: evita problemas de tráfico como la congestión, fácil aparcamiento, permite el transporte puerta a puerta y es competitivo con otros modos en determinadas distancias
  - Flexibilidad: sin restricciones horarias o de frecuencia.
  - Económico: no necesita gastos en combustible, la adquisición y mantenimiento del vehículo es barata.
  - Ecológico: no emite contaminantes, ni gases de efecto invernadero, genera escasos ruidos y tiene poca ocupación del espacio.
  - Saludable: es un modo de transporte activo que evita el sedentarismo.
  - Divertida: algunos usuarios encuentra placer en la conducción de la bicicleta.
- Factores que inhiben del uso de la bicicleta:
  - Distancia: distancias a recorrer demasiado largas
  - Peligro: percepción del riesgo frente a accidentes o caídas
  - Orografía: orografía del terreno adversa
  - Forma: condición física insuficiente
  - Clima: limitaciones climáticas como lluvia, viento, frío, calor, etc.
  - Vandalismo: miedo al robo de la bicicleta
  - Instalaciones: necesidad de instalaciones complementarias que faciliten el aseo personal, aparca-bicis en destino, lugar para guardas la bici en casa, etc.
  - Confort: poca comodidad en comparación con otros modos de transporte

No hemos incluido como factor la existencia de infraestructuras ciclistas porque aunque creemos que tiene una parte subjetiva que entraría dentro de nuestro análisis, consideramos que esta componente se halla dentro del factor de percepción del riesgo.

	<i>Eficiencia</i>	<i>Flexibilidad</i>	<i>Barata</i>	<i>Ecológica</i>	<i>Saludable</i>	<i>Divertida</i>
media	5,08	4,87	4,77	5,15	4,89	4,13
mediana	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00
moda	5,00	5,00	5,00	6,00	5,00	4,00
desv. Tip	0,95	1,07	1,20	1,04	0,97	1,29

**Tabla 1: Importancia de los factores que promueven el uso de la bicicleta (escala 1-6).**

	<i>Distancia</i>	<i>Peligro</i>	<i>Orografía</i>	<i>Condición física</i>	<i>Clima</i>	<i>Robo</i>	<i>Instalaciones Complementarias</i>	<i>Confort</i>	<i>No tener bici</i>
media	3,61	4,09	3,42	2,46	3,63	3,32	4,43	3,18	3,28
mediana	4,00	4,00	4,00	2,00	4,00	3,00	5,00	3,00	3,00
moda	6,00	6,00	4,00	1,00	4,00	4,00	6,00	3,00	1,00
desv. Tip	1,81	1,65	1,54	1,43	1,43	1,58	1,50	1,55	2,29

**Tabla 2: importancia de los factores que inhiben del uso de la bicicleta (escala 1 - 6)**

El objetivo último es conocer la importancia dada por el usuario a estos factores, cómo se relacionan entre sí y qué relación tienen con el comportamiento final del usuario. Cuando se trabaja con información psicosocial de los usuarios, con sus valoraciones subjetivas y sus actitudes frente a determinadas situaciones, nos alejamos del campo de las variables objetivas conocidas por el modelador, y por tanto del campo donde la teoría de los modelos de elecciones discretas son una herramienta potente (Golob 2001, Pendleton et al. 2001, Fujii et al. 2003, Vredin Johansson et al. 2005, Vredin Johansson et al. 2006). Por ello, se ha acudido a un modelo de ecuaciones estructurales, técnica que nos permite

analizar cómo se agrupan nuestros factores, cómo se relacionan entre ellos y la existencia de variables latentes subyacentes en su estructura teniendo en cuenta sus interrelaciones (Golob 2003).

### **3. RESULTADOS**

Los Análisis de Estructuras de Covarianza incorporan variables no observables directamente, denominadas variables latentes, que solo pueden ser medidas a través de otras variables o indicadores directamente observables. Estos modelos destacan por su capacidad de trabajar con variables latentes y porque revelan una relación causal y no sólo medidas descriptivas de asociación o correlación entre variables (Goldberguer et al. 1973).

#### **3.1 Identificación de las variables latentes.**

El *Exploratory Factor Analysis* (Spearman 1904, Bollen 1989) nos permite determinar qué indicadores contribuyen a medir cada una de las variables latentes incluidas en el modelo. Una segunda utilidad es la de eliminar aquellos indicadores que no aportan nada en la estimación de las variables latentes.

Se comprobó que tomando el conjunto de las respuestas no se encontraba ninguna estructura en los factores. Esto es debido a que las respuestas de aquellos que no usan la bicicleta añaden mucha dispersión en los indicadores. Una vez filtradas las respuestas de aquellas personas que no tienen ninguna experiencia ciclista, bien por no disponer de bicicleta, por no saber montar o por no tener interés, se obtuvo una estructura de los factores clara.

Finalmente los mejores ajustes se consiguieron para la consideración de cuatro variables latentes. La agrupación de indicadores en variables latentes era consistente con asociaciones de ideas entre factores, lo que permitió darle validez a la estructura y definir el significado de las variables latentes localizadas.

Las variables latentes identificadas y sus indicadores fueron las siguientes:

- **CONVENIENCIA:** mide lo práctica que es la bicicleta como modo de transporte para los usuarios. Esta variable latente está relacionada con la eficiencia y la flexibilidad.
- **PRO-BICI:** conjunto de características y factores intrínsecos a la bicicleta que la hacen un modo atractivo. Sus indicadores son el ser económica, divertida, saludable y ecológica.
- **LIMITACIÓN EXTERNA:** importancia de los factores que limitan al uso de la bicicleta y que no están bajo el control del usuario. Esta variable está relacionada con el peligro, el vandalismo y las instalaciones.
- **LIMITACIÓN FISICA:** mide la impedancia al uso de la bici provocada por no ser motorizada. Esta variable está relacionada con la forma física del usuario y la orografía.

En este proceso de identificación de variables latentes y asociación con indicadores, varios de éstos fueron rechazados por no añadir potencia explicativa a la estructura de los factores

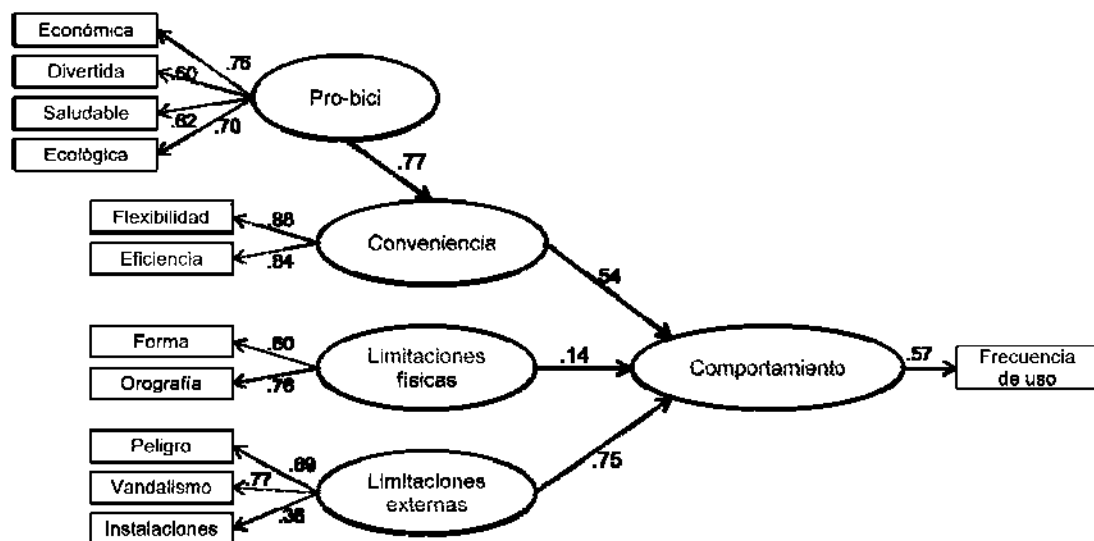
estudiados, concretamente: distancia, clima y confortabilidad.

### 3.2 Modelo de relación de variables latentes y comportamiento ciclista.

Una vez exploradas las variables latentes y comprobada su coherencia con los indicadores que reflejan su estructura, se realizó un *Confirmatory Factor Analysis* (Jöreskog, K.G. 1969) que ayudó a corroborar los resultados hasta ahora obtenidos.

En la metodología que aquí proponemos optamos por una relación causal simplificada entre las variables latentes identificadas y la frecuencia de uso de la bicicleta por parte del usuario. Otras relaciones más complejas pueden ser posibles, siendo este un espacio abierto para la investigación futura y para la mejora de la modelización del comportamiento ciclista.

En la metodología expuesta para la identificación de la causalidad se hace uso de una nueva variable latente que es el *comportamiento*. La creación de esta variable latente responde a la necesidad de considerar el error entre lo que medimos directamente, la frecuencia de uso de la bicicleta, y la decisión real del usuario. Nuestra medición es un indicador del comportamiento, pero no engloba todo lo que el comportamiento implica. Con esta construcción podemos conocer qué parte del comportamiento, un 68%, es conocida mediante la medida de la frecuencia del uso de la bicicleta.



$\beta$ : índices de saturación para cada relación

**Figura 1: Path diagram del modelo propuesto de explicación del uso de la bicicleta en función de variables latentes (círculos) y sus indicadores (recuadros).**

El ajuste del modelo se evaluó mediante el test chi-cuadrado, la aproximación de la media del error cuadrático (RMSEA), el índice de ajuste comparativo (CFI) y el índice de bondad de ajuste ajustado (AGFI). El valor de la chi-cuadrada es 379.88 con una p-value < 0.01. Además, RMSEA=0.0743 lo cual es menor que 0.08 y dentro del intervalo de confianza del 90% que sería (0.0675;0.0814), CFI=0.955 , GFI=0.971 y AGFI=0.953 son mayores que 0.90. En base a estos criterios, el modelo ajusta bien a los datos y podemos concluir que expresa una relación causal sólida y estadísticamente adecuada.

La estructura del modelo muestra cinco variables latentes (figura 1): conveniencia, pro-bici, limitaciones externas, limitaciones físicas y el comportamiento. Como indicadores de la variable latente pro-bici tenemos el ser económica, divertida, saludable y ecológica. En el caso de la variable conveniencia tenemos la eficiencia y la flexibilidad, además de la variable pro-bike que explica un 57% de su varianza. Las limitaciones externas tienen como indicadores el peligro, el vandalismo, las instalaciones y el clima y las limitaciones físicas la condición física del usuario y la orografía. Finalmente, tanto la conveniencia, como las limitaciones externas y las físicas explican un 85% del comportamiento medido a través de la frecuencia de uso.

La magnitud del efecto explicativo sobre el comportamiento es mayor para las limitaciones externas ( $\beta=0.75$ ) que la conveniencia ( $\beta=0.54$ ) y que las limitaciones físicas, cuyo efecto es el menos relevante ( $\beta=0.14$ ).

En función de los coeficientes de determinación y las relaciones del modelo estructural, podemos decir que el 57% de la varianza del factor económico de la bicicleta, el 49% de ser ecológica, el 38% del ser saludable y el 36% de ser divertida son explicados por la variable latente pro-bici. Así mismo, el 71% de la varianza del factor de eficiencia y el 77% del factor de flexibilidad son explicadas por la variable conveniencia; el 15% de la necesidad de instalaciones, el 48% del peligro y el 60% del vandalismo lo son por la variable limitaciones externas; y, finalmente, el 36% de la forma física y el 59% de la orografía lo son por la variable limitaciones físicas.

La estructura aquí presentada refleja que los factores positivos asociados con la bicicleta pueden ser asociados en dos variables latentes: conveniencia y pro-bici. Una vinculada a factores relacionados directamente con la competitividad del modo bicicleta con otros modos dentro del sistema de transporte, la variable conveniencia; y otra a factores intrínsecos de la bicicleta, incluidos en la variable pro-bici. La importancia dada por el usuario a estos últimos no incide directamente sobre el comportamiento del usuario, sino que complementa la importancia que el usuario da a la idea de conveniencia de la bicicleta, la cual sí incide de forma directa sobre su comportamiento. Esto quiere decir que el usuario valora los aspectos prácticos de la bicicleta como modo de transporte en su decisión, si bien otros aspectos positivos también son valorados mejorando la opinión sobre los primeros.

Es posible calcular la influencia indirecta de la variable pro-bici sobre el comportamiento, a través de la importancia dada a la conveniencia ( $\beta=0.77*0.54=0.41$ ), y comprobar que es mayor que la incidencia directa de la importancia dada a las limitaciones físicas ( $\beta=0.14$ ). Por lo tanto, es la importancia dada por el usuario a las limitaciones físicas la que menor incidencia tiene sobre su comportamiento. Esto puede explicarse por la capacidad que tiene el usuario de adaptarse a estas limitaciones por sí mismo.

Los factores limitantes externos son los que tienen mayor peso sobre la decisión final de montar en bicicleta. El hecho de que los usuarios le den más importancia a factores que les inhiben de usar la bicicleta que no están bajo su control que a las propias ventajas intrínsecas de la bicicleta, refleja la demanda de actuaciones para mejorar las condiciones

ciclistas de su entorno. Esto deja una puerta abierta a la incidencia que las políticas ciclistas pueden tener sobre la valoración de los ciudadanos y sobre su comportamiento final.

Finalmente, hay que señalar que el 88% del comportamiento final de usar la bicicleta se vea reflejado por la importancia en la valoración de la conveniencia, las limitaciones físicas y externas y, de forma indirecta, los factores pro-bici, lo que indica que gran parte de la decisión final de los usuarios puede ser explicada por su valoración de estos factores, además de por variables observables del sistema de transporte.

## **5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Dentro de los factores relacionados con el uso de la bicicleta podemos comprobar que hay diferencias en función de la importancia que los usuarios dan a estos factores y relacionadas directamente con su comportamiento. Por un lado los usuarios distinguen aquellos factores que son percibidos como barreras de aquellos que son percibidos como oportunidades derivadas del uso de la bici. Dentro de los primeros también diferencian entre aquellas barreras que están bajo su control de aquellas que dependen de las actuaciones de la Administración o el contexto cultural. Dentro de las segundas el comportamiento de los usuarios responde directamente a su valoración sobre los factores que hacen la bicicleta más conveniente que otros modos, mientras que factores positivos no relacionados directamente con la competitividad en el sistema de transporte solo refuerzan la imagen de conveniencia.

La existencia de una estructura entre los factores hace aconsejable su tratamiento de forma diferenciada, tanto en los análisis de demanda que partan de ellos, como en el diseño de políticas para fomentar el uso de la bicicleta. En este sentido vemos que las políticas que mejores resultados pueden dar son aquellas encaminadas a cambiar las barreras externas no relacionadas con el entorno o la forma física del usuario. Barreras como la forma física o la orografía adversa no son especialmente importantes comparadas con la mejora de instalaciones complementarias de la bicicleta, medidas que eviten los robos o que hagan percibir la bicicleta como un modo seguro de transporte.

La existencia de estructuras en la importancia que los usuarios dan a diversos factores asociados con la bicicleta indica que estos factores son valorados de una forma ordenada en las decisiones de los usuarios. Esta valoración no es observable directamente, pero puede ser medida a través de los indicadores expuestos en este artículo y traducida en variables latentes que pueden ser incorporadas a los modelos de elección discreta, comprobando si su inclusión mejora el poder explicativo de estos modelos. La combinación de variables latentes psico-sociales con variables observables puede ser un camino a explorar en la modelización del comportamiento ciclista.

#### 4. REFERENCIAS

- BARNES, Gary; and KRIZEK, Kevin. Estimating Bicycling Demand. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 01/01, 2005, vol. 1939, no. -1, pp. 45-51.
- BEN-AKIVA, Moshe, et al. Extended Framework for Modeling Choice Behavior. *Marketing Letters*, 08/01, 1999, vol. 10, no. 3, pp. 187-203.
- BEN-AKIVA, Moshe, et al. Hybrid Choice Models: Progress and Challenges. *Marketing Letters*, 08/01, 2002, vol. 13, no. 3, pp. 163-175.
- BOLLEN, K. A. *Structural Equations with Latent Variables*. . John Willey and Sons ed., New York: John Willey and Sons, 1989.
- BURBIDGE, Shaunna K.; and GOULIAS, Konstadinos G. Active Travel Behaviour. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (in Press)*, 2009.
- EASH, Ronald. Destination and Mode Choice Models for Nonmotorized Travel. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 01/01, 1999, vol. 1674, no. -1, pp. 1-8.
- FUJII, Satoshi; and GÄRLING, Tommy. Application of Attitude Theory for Improved Predictive Accuracy of Stated Preference Methods in Travel Demand Analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 5, 2003, vol. 37, no. 4, pp. 389-402. ISSN 0965-8564.
- GOLDBERGUER, A. S.; and DUNCAN, O. D. *Structural Equation Models in the Social Sciences*. New York: Academic Press, 1973.
- GOLOB, Thomas F. Structural Equation Modeling for Travel Behavior Research. *Transportation Research Part B: Methodological*, 1, 2003, vol. 37, no. 1, pp. 1-25.
- GOLOB, Thomas F. Joint Models of Attitudes and Behavior in Evaluation of the San Diego I-15 Congestion Pricing Project. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 7, 2001, vol. 35, no. 6, pp. 495-514.
- PENDLETON, Linwood H.; and SHONKWILER, J. Scott. Valuing Bundled Attributes: A Latent Characteristics Approach. *Land Economics*, January 1, 2001, vol. 77, no. 1, pp. 118-129. ISSN 1543-8325.
- PINJARI, Abdul, et al. Joint Model of Choice of Residential Neighborhood and Bicycle Ownership: Accounting for Self-Selection and Unobserved Heterogeneity. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 12/01, 2008, vol. 2082, no. -1, pp. 17-26.
- RIETVELD, Piet; and DANIEL, Vanessa. Determinants of Bicycle use: Do Municipal Policies Matter?. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 8, 2004, vol. 38, no. 7, pp. 531-550. ISSN 0965-8564.
- SCHOSSBERG, Marc; and BREHM, Christo. Participatory GIS and Active Transportation: Collecting Data and Creating Change. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board (in Press)*, 2009.
- SPEARMAN, C. General Intelligence, Objectively Determined and Measured. *American Journal of Psychologist*, 1904, vol. 15, pp. 201-293.
- VREDIN JOHANSSON, Maria; HELDT, Tobias and JOHANSSON, Per. *Latent Variables in a Travel Mode Choice Model: Attitudinal and Behavioural Indicator Variables*. Uppsala: Department of economics. Uppsala University., 2005.
- VREDIN JOHANSSON, Maria; HELDT, Tobias and JOHANSSON, Per. The Effects of Attitudes and Personality Traits on Mode Choice. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 7, 2006, vol. 40, no. 6, pp. 507-525.