



UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA

Facultad de Administración y Economía

Programa de Economía

**Aplicación de econometría espacial en la aproximación del valor económico mediante coste de viaje.**

**Caso de estudio: sendero quebrada la vieja, Bogotá, Colombia**

Monografía para optar al título de Economista

Presentado Por

Rafael Aldana Sánchez

Director

William Gilberto Delgado Munevar

Bogotá D.c, Colombia

2022

## Tabla de contenido

1.	Introducción .....	7
2.	Planteamiento del problema .....	8
2.1.	Justificación .....	8
2.2.	Preguntas problema.....	9
2.3.	Objetivos .....	9
2.3.1.	Objetivo general.....	9
2.3.2.	Objetivos específicos.....	9
3.	Hipótesis.....	10
4.	Marco Teórico .....	11
4.1.	Economía ambiental.....	11
4.2.	Valoración de recursos ambientales .....	11
4.2.1.	Valor de Uso .....	12
4.3.	Métodos de valoración económica .....	13
4.3.1.	Método de valoración contingente.....	13
4.3.2.	Precios hedónicos.....	14
4.3.3.	Método de costo de viaje.....	16
4.4.	Econometría espacial .....	23
4.4.1.	Índice Local de Asociación Espacial (LISA).....	24
4.4.2.	Índice de moran .....	24
4.5.	Modelos de Regresión de Poisson y Binomial negativa para estimar el valor económico por medio de la valoración de costo de viaje .....	28
4.5.1.	Elección del mejor modelo.....	28
4.5.2.	Modelo de regresión de Poisson.....	31
4.5.3.	Modelo de regresión Binomial Negativa.....	32
5.	Metodología .....	34
5.1.	Ámbito de estudio – Sendero Quebrada la Vieja.....	34
5.2.	Tamaño de la muestra.....	34
5.3.	Diseño de la encuesta .....	35
5.4.	Recolección de información .....	36
5.5.	Tipo de investigación.....	37
5.6.	Procesamiento y análisis de datos .....	37

6.	Selección de las variables más relevantes que aportan a la valoración económica del Sendero quebrada la vieja .....	37
6.1.	Tabulación de los resultados de la encuesta.....	38
6.2.	Selección I: Información General .....	38
6.3.	Selección II: Acerca de su viaje.....	40
6.4.	Selección III: Situación actual del visitante. ....	41
6.5.	Selección IV: Experiencia de la visita.....	42
6.6.	Variables y unidades para el análisis estadístico .....	43
7.	Resultados y conclusiones.....	47
7.1.	Análisis inicial de las variables.....	47
7.2.	Estimación de un modelo econométrico mediante la aplicación del método de costo de viaje	48
7.2.1.	Modelos de regresión. ....	48
7.3.	Interpretación de las variables.....	53
8.	Función de demanda y excedente del consumidor .....	54
8.1.	Función de demanda.....	57
8.2.	Resultado de la estimación del excedente del consumidor.....	58
9.	Análisis de autocorrelación espacial para las visitas al sendero natural quebrada la vieja .....	59
9.1.	Análisis de autocorrelación espacial .....	59
9.2.	Índice de moran .....	59
9.3.	Índice local de asociación espacial .....	61
10.	Conclusiones.....	63
11.	Bibliografía .....	65

## Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1. Planteamiento inicial del método de costo de viaje zonal.....	18
Ilustración 2. función de demanda en el método coste de viaje zonal.....	21
Ilustración 3. Curva de demanda en el Método coste de viaje sin equidistancia.....	22
Ilustración 4. Prueba de bondad .....	53
Ilustración 5. Mapa de distancias concéntricas al sendero natural utilizando el método de costo de viaje .....	55
Ilustración 6. Función de demanda recreativa de costo de viaje zonal .....	57
Ilustración 7. Gráfico correspondiente a la obtención del Índice global de Moran referido a el número de visitas al sendero natural quebrada la vieja obtenido con el software ArcGIS.....	60
Ilustración 8. Mapa de autocorrelación espacial de las visitas del sendero natural quebrada la vieja .....	62

## Índice de Tablas

Tabla 1. Datos necesarios para el método zonal del coste de viaje.....	19
Tabla 2. Número de visitantes ante incrementos en el coste.....	20
Tabla 3. Relación de demanda en el método coste de viaje zonal sin equidistancia .....	22
Tabla 4. Información general .....	38
Tabla 5. Acerca de su viaje .....	40
Tabla 6. Situación actual del visitante.....	41
Tabla 7. Experiencia de la visita .....	42
Tabla 8. Variables y unidades para el análisis estadístico.....	44
Tabla 9. Análisis inicial de las variables .....	47
Tabla 10. Regresión y valores de los coeficientes para una regresión de poisson .....	49
Tabla 11. Regresión y valores de los coeficientes con alta significancia para una regresión de poisson .....	50
Tabla 12. Regresión y valores de los coeficientes para una regresión Binomial negativa.....	51
Tabla 13. Regresión y valores de los coeficientes con alta significancia para una Binomial negativa .....	52
Tabla 14. Comparación final entre los modelos de regresión .....	52
Tabla 15. Datos necesarios para el método de costo de viaje zonal .....	57
Tabla 16. Técnicas de asociación espacial a nivel global y local .....	59

## **Resumen**

El propósito de este estudio es desarrollar una valoración económica ambiental, por medio del método de costo de viaje zonal para hacer una aproximación a su valor económico. Se establece un modelo de regresión de Poisson y Binomial Negativa para el análisis de las variables y se hace énfasis en las variables de tipo espacial para apreciar la incidencia que estas tienen sobre los resultados y las preferencias de las personas.

## **Abstract:**

The purpose of this study is to develop an economic valuation, through the zonal travel environmental cost method to make an approximation of its economic value. A Poisson and Negative Binomial regression model is established for the analysis of the variables and emphasis is placed on the spatial type variables to appreciate the incidence that these have on the results and the preferences of the people.

**Clasificación JEL:** C01, C12, C13, C25, Q31

## **1. Introducción**

Para el ser humano los espacios es lo que habita tienen una estrecha relación con la actividad a desarrollar, y los espacios naturales son espacios que suelen gozar de un ambiente diferente que generan un especial atractivo para actividades de esparcimiento.

Los espacios naturales que el hombre destina para su uso recreacional cuentan con la dificultad de mantener una buena condición cuando son servicios que no cuentan con ningún tipo de restricción económica para su acceso. Y como una consecuencia su deterioro puede verse en incremento al mantener una demanda tan alta donde cualquiera puede convertirse en usuario de estos.

Mediante la metodología de costos de viaje se realizará la valoración económica de los servicios recreativos del sendero natural quebrada la vieja espacio que hace parte de la estructura ecológica principal metodología que permite obtener tanto de modo individual como agregado, realizando un análisis de las variables que guardan una estrecha relación y generando un interés sobre las variables de tipo espacial, su comportamiento y como influyendo dentro de un modelo que permita definir de mejor manera las preferencias del consumidor

## **2. Planteamiento del problema**

### **2.1. Justificación**

Según el servicio forestal de los estados unidos, un sendero natural es un corredor por una zona que incluye la huella del sendero y el área por encima y a los lados de este. Las normas de los senderos suelen definir los bordes de esta zona como lo son los “límites de limpieza”. La vegetación y otros obstáculos, como los cantos rodados, se recortan o se eliminan de esta zona para que se pueda circular por la huella.

Con el fin de garantizar un turismo amigable con el medio ambiente en Bogotá, la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR) aprobó el plan para poder desarrollar actividades de recreación pasiva en algunos senderos de la reserva forestal protectora bosque oriental de la ciudad (cerros orientales)

La propuesta de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá (EAAB), busca que la ciudadanía pueda disfrutar de los recursos naturales de Bogotá sin que estos se vean afectados. Por ello, la aprobación del plan, el distrito debe cumplir con normas determinadas para la recreación pasiva en la zona natural (Infobae, 2022).

Uno de los senderos que fueron habilitados por la EAAB es el Sendero natural quebrada la vieja ubicado en la localidad de chapinero, después de que definir varios requerimientos para evitar sus impactos ambientales, como la pérdida de capacidad de carga, contaminación de sus aguas y afectaciones a la flora y fauna presente.

Así mismo las actividades desarrolladas en estos espacios deben ser de manera responsable, puesto que dependen del buen manejo por parte de los visitantes y autoridades encargadas de preservar sus condiciones debido a que las actividades humanas pueden disminuir la capacidad que tienen estos ecosistemas. Por esto la necesidad de implementar estudios de valoración económica ambiental que dispondrá de información valiosa para la toma de decisiones sobre la gestión de los recursos naturales con fines recreativos.

Recientemente no existen investigaciones sobre el sendero, a pesar de que es un potencial ecológico tanto para la ciudad, como para la estructura ecológica principal de Bogotá. La información que refleja la importancia de este lugar es limitada, por ello los datos que genera esta investigación son un gran aporte para autoridades administrativas y para la misma

población que permite conocer el estado del ecosistema y las preferencias que tienen las personas que lo visitan.

## **2.2. Preguntas problema**

- ¿Cuál es el valor económico de los servicios recreativos del Sendero Quebrada la Vieja?
- ¿Cuál es el grado de significancia de las variables espaciales incorporadas en el modelo econométrico?
- ¿Qué impacto tiene el sendero quebrada la vieja como recurso ambiental para la ciudad de Bogotá?

## **2.3. Objetivos**

### **2.3.1. Objetivo general**

Estimar el valor económico de los usos recreativos del sendero natural quebrada la vieja, ubicado en la ciudad de Bogotá, a través de la aplicación del método de Costo de Viaje zonal con equidistancia incorporando variables de tipo espaciales.

### **2.3.2. Objetivos específicos**

- Estimar un modelo econométrico haciendo uso del método de Valoración por Costo de Viaje, con el fin de obtener el valor económico del Sendero Quebrada la Vieja
- Determinar la incidencia de variables de tipo espacial dentro del modelo econométrico
- Describir la demanda por el uso del Sendero Quebrada la Vieja como medio recreativo a partir del Excedente del Consumidor.
- Determinar las zonas de la ciudad de donde las personas realizan un mayor número de visitas al sendero natural

### **3. Hipótesis**

Para dar respuestas a las preguntas generadas a partir de la investigación se han generados las siguientes hipótesis:

- Entre menos distancia deban recorrer las personas dentro de la ciudad de Bogotá para visitar el sendero natural quebrada la vieja, serán más propensas a visitarlo a comparaciones de las que deban recorran distancias mayores
- Las personas que residen al sur de la ciudad realizaran una menor cantidad de visitas al sendero natural en comparación con las personas de las demás zonas de la ciudad

## **4. Marco Teórico**

### **4.1. Economía ambiental**

La economía ambiental se originó a través de la interpretación de la escuela de pensamiento neoclásica, en donde incorporó el medio ambiente como objeto de estudio, es así que, siguiendo con sus principios básicos, los neoclásicos se centraron en la escasez y la valoración de los viene según su abundancia y/o rareza. (Man Yu Chang, 2005).

Esta rama de las ciencias económicas ha venido adquiriendo relevancia debido a la escasez de recursos naturales como el agua y algunas fuentes de energía renovable. Aunque estos recursos son indispensables para el proceso productivo, presentan características no económicas. La incorporación de los recursos ambientales al mercado se da mediante la internacionalización de las externalidades, adjudicándose un precio, por ellos la economía ambiental se centra en la valoración monetaria del medio ambiente. (Man Yu Chang, 2005).

### **4.2. Valoración de recursos ambientales**

El ambiente tiene valor que no necesita se otorgado por alguien, esto lo podemos definir como un valor *per se*. Se puede notar que por un lado el hombre es quién le asigna el valor al medio ambiente y recursos naturales ya que esto tiene un valor para él, sin embargo, por otro lado, el medio ambiente y recursos naturales, por el hecho de existir tienen un valor intrínseco.

El bienestar de las personas que usan bienes o servicios del medio ambiente se puede ver afectado por una serie de funciones, es por ello que el medio ambiente tiene un valor, las personas que se afectan de una manera positiva disfrutan de un ambiente sano, por el contrario, cuando se ven afectados negativamente es porque el ambiente sufre alteraciones (Azqueta, 1994).

## **4.2.1. Valor de Uso**

### *4.2.1.1. Valor de uso directo.*

Este valor se puede definir como la asignación a los bienes o servicios que son consumidos, producidos, extraídos, o disfrutados del ambiente. Por ejemplo, cuando se habla de los bosques, su valor de uso directo puede provenir de la madera, de la cosecha de productos no maderables, de la caza y de la pesca. También se contemplan actividades que pueden no significar consumo, por ejemplo, el turismo, paseos o recreación, así recibe el recurso un valor de uso directo. Otro caso es la producción agropecuaria ya que asigna un valor de uso directo a los recursos de la tierra a través de la productividad y el uso del suelo, de las pasturas naturales. Puede ser medido el valor de los beneficios obtenidos, ya que las cantidades de producto generado o consumido se pueden observar también existen precios observables (Tomasini, 2000).

### *4.2.1.2. Valor de uso indirecto.*

Este valor se puede definir en la derivación de los servicios que el medio ambiente provee. Los humedales con extensiones de marismas, pantanos o turberas cubiertas de agua también pueden de ser utilizados en forma directa como la pesca, actividades recreativas, los cuales generan beneficios a partir de sus servicios ambientales, por ejemplo, control de crecidas e inundaciones de los ríos, captación y filtración de nutrientes, recarga de acuíferos, protección de la biodiversidad, entre los más importantes. Medir el valor de uso indirecto, es a menudo considerablemente más difícil que medir el valor de uso directo. Estos servicios provistos son difíciles de medir y la mayoría de estos servicios no tiene mercado, por lo tanto, su “precio” es extremadamente difícil de establecer (Tomasini, 2000).

### **4.3. Métodos de valoración económica**

Los métodos de la valoración económica ambiental se clasifican en dos grandes grupos:

1) Métodos de preferencias reveladas, se basan en la relación entre los bienes o servicios ambientales que se tiene como objeto de estudio y los bienes y servicios que se adquieren en el mercado; y 2) Métodos de preferencias declaradas, los individuos expresan sus preferencias en “Instituciones” construidas expresamente mediante la utilización de cuestionarios, basándose en mercados simulados, logrando valorar los cambios en el bienestar de los individuos antes de que se produzcan. (Mogas, J. 2004).

#### **4.3.1. Método de valoración contingente**

El método de valoración contingente es una técnica que permite estimar el valor económico de un bien que no pertenece en el mercado. Se caracteriza por crear un mercado hipotético, en el que los individuos dan a conocer sus preferencias y disposición a pagar por la provisión de un bien a través de encuestas o entrevistas a los consumidores (Mitchell, 1989).

Se tiene como objetivo presentar un escenario realizable para que los encuestados tomen un papel de la demanda, por el lado contrario, el entrevistador se convierte en el oferente dentro del mercado hipotético. El método de valoración contingente intenta medir los cambios en el nivel de bienestar de las personas debido a un incremento o disminución de la cantidad y/o calidad de un bien (Vásquez, s.f.). El método de valoración contingente se utiliza generalmente para obtener valores para un programa específico, prevenir daños ambientales, ya sean animales muertos, deterioro de áreas naturales o pérdida de visibilidad de un área inusualmente clara (Mitchell, 1989).

Las principales etapas de aplicación para la valoración contingente son las siguientes:

- Precisar sin ambigüedad el bien que se desea valorar.
- Definir cuál es la población relevante para la encuesta.
- Diseño del mercado hipotético.
- Seleccionar la modalidad de la entrevista.
- Definir el tamaño de la muestra.

- Elaboración del cuestionario, el cual debe incluir:
  - La descripción del bien a valorar.
  - La valoración del bien.
  - Las características socioeconómicas relevantes sobre la persona entrevistada.
- Se recomienda que antes de aplicar una encuesta deben hacerse pruebas con grupos focales y encuestas piloto (Mitchell, 1989) y (Arrow, 1993)
- Estimaciones econométricas. Interpretación de los resultados.

Dentro del informe del panel de la NOAA sobre la valoración contingente contiene una serie de recomendaciones para llevar a cabo la aplicación de este método. La primera de ellas sugiere realizar preguntas dicotómicas, donde coloca al encuestado en un escenario de “sí” o “no” facilitando respuestas claras y concretas. Además, se recomienda recordar la restricción presupuestas y la existencia de bienes sustitutos para el bien en cuestión, estimando la máxima disposición a pagar (Arrow, K. 1993).

#### **4.3.2. Precios hedónicos**

El método de precios hedónicos intenta descubrir todos los atributos de un bien que explican su precio en el mercado, mientras se averigua la importancia cuantitativa de cada uno de ellos (Azqueta, 2007).

Uno de los casos clásicos para entender este método de valoración es el de la vivienda. En este escenario se pueden ver claramente los atributos que complementan el precio de un bien. Al comprar una vivienda el consumidor está pagando, no solamente por una serie de metros cuadrados, también está teniendo en cuenta el entorno donde se encuentra (Barrio, vecinos, medio ambiente, entre otros). En palabras más sencillas, si se comparan dos viviendas con características exactamente iguales, excepto en una de ellas, como el acceso a transporte y vías principales, el precio cambiaría drásticamente.

Este tipo de valoración económica también se centra en valorar los cambios de los servicios ecosistémicos, a partir de los precios dados en el mercado de bienes asociados, teniendo como supuesto que dicho precio depende de las características de los bienes y servicios (Minambiente, s.f.).

Los precios hedónicos toman dos enfoques principales: 1) con base a precios de las propiedades; y 2) con base a los salarios.

#### *4.3.2.1. Precios hedónicos (Propiedades)*

Por medio de este enfoque se busca el bienestar derivado que vienen de un ecosistema, los cuales conforman una variable significativa dentro de los precios de mercado del bien a valorar. Este método se emplea principalmente para valorar las comodidades ambientales que afectan los precios de las viviendas aledañas. De igual manera, se estima el valor marginal de un servicio ecosistémico para un grupo de personas privadas (compradores de una vivienda). Al momento de identificar los atributos que explican el precio de un inmueble, manteniendo las características no ambientales constantes, cualquier cambio en el precio se atribuye a la calidad del medio ambiente. “El cambio en el precio bien como consecuencia del cambio marginal en la característica ambiental se le denomina el precio hedónico.” (Minambiente, s.f.)

Para llevar a cabo la aplicación de este método es necesario realizar una recolección de datos con respecto a los inmuebles en una región determinada, por un tiempo en específico (normalmente es un año). Esto incluye variables como precio de venta, ubicación de la propiedad, características de la propiedad que afectan el precio de venta (Tamaño, número de habitaciones, número de baños, áreas de lavado, entre otros), características del vecindario que afecten el precio de venta (nivel de seguridad, calidad de los colegios, impuestos, estrato socioeconómico y demás), características de acceso que afecten el precio de venta (acceso a transporte público, cercanía de vías principales y autopistas, nivel de congestión de las vías, centros comerciales, etc.) y características que afecten el precio de venta (nivel de contaminación de aire y agua, ruido, proximidad a espacios abiertos, entre otros).

#### *4.3.2.2. Precios hedónicos (Salarios)*

El método de precios hedónicos con base en el salario mantiene el mismo principio del precio de las propiedades, donde se enfoca en valorar las características ambientales de las áreas donde se emplean trabajos que se ven reflejados en el salario. En otras palabras, busca identificar las variables que afecten el salario de los trabajadores, como es el caso del riesgo

para la salud, siendo un factor significativo que afecta la disponibilidad para aceptar el trabajo y el salario de dicho trabajo.

Del mismo modo que el enfoque anterior, para llevar a cabo este método con base al salario es necesario identificar los atributos que hacen parte del salario, como por ejemplos, educación, experiencia, ubicación laboral, exposición al riesgo, seguridad, condiciones ambientales, condiciones laborales, entre otros.

#### **4.3.3. Método de costo de viaje**

El método de costo de viaje es usado para estimar el valor de uso asociado a ecosistemas o sitios de recreación, turísticos o de esparcimiento. Su principio se centra en la recolección de información relacionada a todos los gastos en los que incurren los visitantes. Estos gastos no solo corresponden al costo de viaje, también se tiene en cuenta el costo de oportunidad del tiempo que se deja de trabajar por visitar dicha zona recreativa, gastos en alimentación o estadía en los que incurren para llevar a cabo esta actividad, entre otros (Minambiente, s.f.).

El método de costo de viaje zonal consiste en descubrir la propensión media a visitar el emplazamiento<sup>1</sup> objeto de estudio, desde la distancia en que se divide su área de influencia. Para ellos, se averigua el lugar de procedencia de los visitantes y se compara con los datos de la población de la zona de origen, identificando la propensión media a visitar el sitio desde cada zona, con el fin de ajustar la curva de demanda en la que la variable dependiente es la propensión media para visitar el lugar y la variable independiente es el costo de hacerlo.

También se tiene el costo de viaje individual, el cual busca identificar la demanda de los servicios de un emplazamiento específico, llevando a cabo una encuesta a cada visitante, siendo esta mucho más completa que el caso anterior, indagando concretamente en el costo que incurre para acceder al lugar, el número de visitas que realiza y las características socioeconómicas de los visitantes; de estos datos recolectados se deriva la función de demanda (Azqueta, 2007).

---

<sup>1</sup> Aviso mediante el cual se cita a una persona en un lugar y un momento determinados, especialmente para contar o justificar algo

Finalmente, se tiene en cuenta los modelos de elección discreta, los cuales intentan derivar la demanda individual de los servicios de un emplazamiento natural determinado, en función de las características diferenciales del mismo, llevando a analizar los espacios sustitutos de dicho espacio recreativo. Se enfoca en la tasa de participación por parte de una persona o familia, en una serie de actividades recreativas que se pueden realizar en el sitio a estudiar: montañismo, acampar, esquí, pesca, entre otros. Se obtienen, por tanto, a través de encuestas a muestras representativas de la población del área de influencia del entorno natural analizado (Loomis, 1995; Feather et al. 1995 citado por Azqueta, 2007, p.135).

#### *4.3.3.1. Orígenes y evolución del método de costo de viaje*

El método de costo de viaje se originó por una petición realizada por el Servicio de Parques Naturales de Estados Unidos a diez economistas, la cual sugería de crear un método para medir los beneficios que dichas áreas ecológicas y recreativas y a su vez, comparándolos con los beneficios que generarían las mismas áreas, pero destinadas para otros propósitos. En 1947 Harold Hotelling respondió a la propuesta realizada por medio de una carta la cual se convertiría en la base de lo que hoy conocemos como el método de Costo de Viaje. Sin embargo, este método también cuenta con otro nombre: Clawson-Knetsch, haciendo honor a los dos economistas que lograron perfeccionar la idea original de Hotelling. (McConnell, 1985 citado por Salazar, 1997, p.169)

A finales de la segunda guerra mundial, el servicio de parques nacionales de Estados Unidos buscaba cómo valorar el uso de los espacios que gestionaba, los cuales se caracterizaban por ser zonas de carácter recreativos más que de conservación. Es así que se le encargó esta tarea al economista Roy Prewitt, quien tomó como base los trabajos realizados por Dupuit, llegó a la conclusión de que la propensión a visitar los parques naturales es inversamente proporcional a la distancia del mismo, dado que el costo de desplazarse aumenta.

Teniendo en cuenta la proporción de visitantes que se dirigen al parque recreativo con la distancia que recorre cada uno de ellos, se estima la función de demanda. Una vez realizado este procedimiento, y conociendo los costos de transporte, es posible estimar el excedente del consumidor, siendo el objetivo del método de costo de viaje y quien propuso Hotelling en 1947 como valor recreativo del parque.

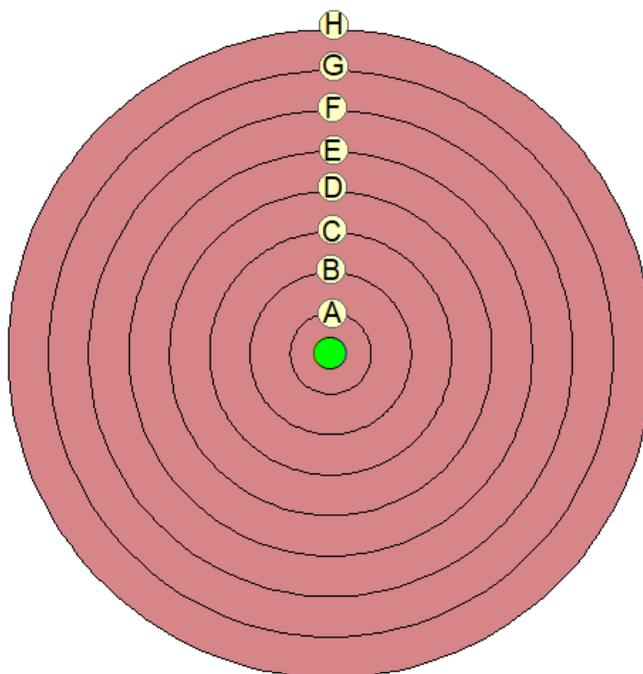
Gracias al asesoramiento del profesor de estadística Harold Hotelling, se logró llegar al método de costo de viaje zonal, la cual se llevó a su aplicación a finales de los años 50 para estimar el valor del parque nacional de Yosemite, California.

#### *4.3.3.2. Método de costo de viaje zonal con equidistancia*

El objetivo principal de este método es calcular el excedente del consumidor. Para poder determinarlo se hace necesario obtener información de los visitantes como lo es el lugar de procedencia, el medio de transporte utilizado para desplazarse, la distancia recorrida, entre otras variables que contribuyen con información sobre los costos en que incurre el visitante al realizar dicho desplazamiento. Para la recolección de esta información será indispensable generar una encuesta dirigida a la muestra poblacional de los visitantes al parque.

Obtenida la información anteriormente mencionada se realiza un mapa donde se tendrá como epicentro el lugar de interés, y las distintas zonas de procedencia y distancias entre zona y zona, que deberá ser igual para todas como se ve en la Ilustración 1.

*Ilustración 1. Planteamiento inicial del método de costo de viaje zonal*



*Fuente: Elaboración propia, a partir de Riera et al, (2005)*

Calculadas las zonas de influencia con el bien a valorar, se procede a obtener la propensión a visitar el punto de interés, en este caso el sendero natural quebrada la vieja por cada una de las ocho zonas establecidas para este caso. Se espera que a medida que la distancia del recorrido sea mayor, el costo del desplazamiento también lo sea, por lo que el número de visitantes en términos relativos tenderá a disminuir. Para la obtención del número de visitantes en términos relativos, es necesario conocer la población total de cada una de las zonas de origen, y así podremos calcular el porcentaje de visitantes de la muestra sobre el total de la población en cada zona (Riera et al.,2005). Seguidamente proponemos el ejemplo con los datos necesarios para llevar a cabo la valoración con este método, mostrados en la Tabla 1.

*Tabla 1. Datos necesarios para el método zonal del coste de viaje.*

Zona	Coste ida y vuelta	Visitantes de la muestra	Habitantes	Porcentaje de visitantes sobre habitantes.
A	36	20	100.000	0.02
B	72	100	800.000	0.0125
C	108	500	6.000.000	0.00833
D	144	0	-	0

Fuente: Riera (2005)

La ratio visitante sobre habitantes disminuye a medida que se incrementa la distancia con el bien ambiental a valorar. El coste de la zona D es lo suficientemente elevado para que nadie visite ya el parque. Se ha de tener en cuenta dos supuestos a la hora de emplear dicho método. En primer lugar, se considera que las preferencias de los visitantes hacia el parque nacional son las mismas. Es decir, un visitante de la zona A, que reside más cerca del parque tiene las mismas preferencias sobre el parque que el que proceda de otras zonas. También se asume que los visitantes reaccionan de la misma manera ante cambios en los costes. Ante una subida en el coste de desplazamiento igual al coste de desplazamiento de una zona a otra, los visitantes de la zona A vendrán en una proporción igual a la que tenían los visitantes de B antes de la subida y los visitantes de la zona B lo harán en una proporción igual a los de C antes de la subida del precio, y así sucederá sucesivamente. El número de visitantes de la muestra disminuirá ante incrementos en el coste o precio de entrada como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Número de visitantes ante incrementos en el coste.

Incremento en el precio de entrada	Número de visitantes de la muestra
0	620
36	79.16
72	8.33
108	0

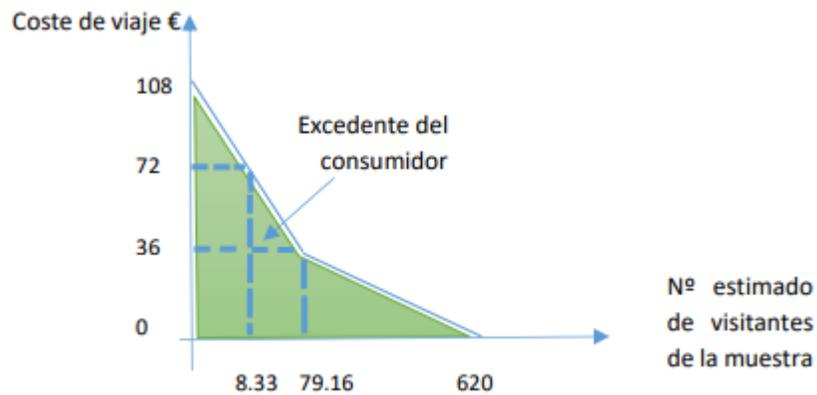
Fuente: Riera,(2005) “Manual de economía ambiental y de los recursos naturales”

Vemos en la tabla 2 como un incremento de 36 € en el ejemplo anterior (el incremento de coste al pasar de una zona a otra), ha reducido el número de visitantes de la muestra a 79.16. Explicaremos como se llega a esta cifra. Empezando por los visitantes de D. Evidentemente seguirían sin venir, ya que no lo hacían para un coste de 144. En cuanto a los visitantes de C, su coste de viaje pasaría a ser de 144€ (108+36), es decir lo que tenía originalmente los visitantes de D, por lo que los visitantes de C también dejarían de venir. En cuanto a los visitantes de B, su coste se incrementaría a 108€ (72+36) y vendrían en una proporción igual a la de los visitantes de C antes de la subida. Es decir, en una proporción de 0.00833% sobre el total de población de B, lo que nos daría un total de 66.64 visitantes de B ( $0.00833\% * 800.000$ ). En cuanto a los de A, por el mismo motivo que el anterior pasaría a un coste de 72€ y vendrían en una proporción de 0.0125% de su población (la proporción en que venían los habitantes de B antes de la subida), dando lugar a 12.5 visitantes ( $0.000125 * 100.000$ ). Hemos mostrado entonces que, ante un incremento de 36 € sólo 79.16 (66.64+ 12.5) visitantes de la muestra continuarían visitando el Parque. Esta operativa sería igual ante incremento de 72€, para la cual solo vendrían los visitantes de A en un 0.00833% sobre su población, esto es, 8.33 visitantes. Ante un incremento en el coste de 108€, ningún visitante de la muestra visitaría el Parque.

#### 4.3.3.3. Curva de demanda y excedente del consumidor

Para hallar el excedente del consumidor, obtendremos una función de demanda representada en unos ejes de coordenadas, donde en el eje de abscisas aparece el número de visitantes estimado en la muestra tras las diferentes subidas del coste de viaje. En el de ordenadas, sucesivas subidas costes de viaje (36, 72, 108). Si llevásemos a los ejes los pares (incremento de coste, nº de visitantes) señalados en la Tabla 6 y los unimos con rectas, obtendríamos una curva similar a la que aparece en la Ilustración 2.

Ilustración 2. función de demanda en el método coste de viaje zonal.



Fuente: Mendoza (2016).

El excedente del consumidor corresponde al área que se encuentra por debajo de dicha curva de demanda, calculada a partir de los incrementos en el coste de desplazamiento. Su cálculo se realiza con la suma correspondiente a las áreas de triángulos y rectángulos que lo forman. La suma de todas estas áreas, el área entre los ejes y la curva de demanda representa el excedente de toda la muestra (14.310 € en ejemplo). Si dividimos dicha cifra entre el número de visitantes de la muestra obtendríamos la medida del bienestar medio en euros que cada visitante obtiene por visitar el parque natural ( $14.310/620$ ), siendo de 23.08€/visitante. Para calcular el excedente anual del total de visitantes a dicho bien, hemos de multiplicar el excedente medio por el número de visitantes al año

#### 4.3.3.4. Método de costo de viaje zonal sin equidistancia

Para este método no es necesario definir zonas equidistantes como sucedía con el anterior. Con él solo serán necesarios los pares coste de viaje, porcentaje de visitantes de la muestra de cada zona. La Tabla 3 refleja el coste de desplazamiento a un determinado parque y el porcentaje de visitantes (de la muestra) que recibe dicho parque sobre el total de la población de cada zona

Tabla 3. Relación de demanda en el método coste de viaje zonal sin equidistancia

Zona	Coste ida y vuelta al parque	Porcentaje de visitantes sobre hab.
A	36	0.02
B	72	0.0125
C	108	0.00833
D	144	0

Fuente: Riera,(2005) “Manual de economía ambiental y de los recursos naturales”

Llevando esos pares a unos ejes de coordenadas, y uniéndolos con rectas, tendríamos una curva de demanda que relaciona el coste de desplazamiento (eje ordenadas) con el porcentaje de visitantes de cada zona respecto a su población (eje de abscisas) como se ve en la Ilustración 3.

Ilustración 3. Curva de demanda en el Método coste de viaje sin equidistancia



Fuente: Riera,(2005) “Manual de economía ambiental y de los recursos naturales”

Calcularíamos el excedente del consumidor de la siguiente manera. Como los visitantes de D no visitarían el parque, consideramos en primer lugar a los visitantes procedentes de la zona C; el excedente del consumidor de los visitantes de la muestra procedentes de esta zona corresponde al área 1, multiplicada por la población de la zona C. El excedente para las personas de la zona B corresponde la suma de las áreas 1,2, y 3 multiplicadas por la población en B. Por último, los visitantes de la zona A tienen un excedente del consumidor compuesto por la suma de cinco áreas multiplicada por la población en A. La suma de los tres excedentes (9.000€+4.200€+1.100€) es el total de excedentes de la muestra (14.300€), por lo que dividido entre el número de visitantes de la muestra tendríamos el excedente medio

de cada visitante. Según numerosos autores, se considera que el método sin equidistancia es más directo y fácil de emplear.

#### *4.3.3.5. Método de costo de viaje individual*

En el método del coste de viaje individual (MCVI), se intenta averiguar la demanda de los servicios recreativos de un determinado lugar para cada persona en particular. En este caso, la variable dependiente es  $V_{ij}$ , el número de visitas realizadas por el individuo  $i$  al lugar  $j$  en un período de tiempo  $t$ . Además, el coste de viaje puede variar de un individuo a otro aun cuando pertenezcan a la misma zona de origen ya que éste se calcula en función de la información facilitada por el propio encuestado (con la distancia recorrida, el tiempo que tarda su desplazamiento, etc.) y, por ello, no se asigna un coste igual para todos los individuos pertenecientes al mismo sector ya que éstos pueden residir en diferentes localidades o UPZ dentro de una misma zona. Por lo tanto, se obtendría una función de demanda individual que, una vez agregada, nos permite obtener la función de demanda global a (Wiillis et al, 1991).

### **4.4. Econometría espacial**

La econometría espacial se preocupa por el tratamiento adecuado de la interacción espacial y la estructura espacial en modelos de regresión con datos de corte transversal y panel de datos, que trabajados generarán efectos espaciales como la dependencia espacial, destacándose por su mayor utilidad en ramas de estudio representadas en diferentes sectores como lo son la economía urbana, regional, entre otras (Moreno & Valcarce, 2000).

Lo que se conoce como “Nueva geografía económica”, según Kugman (1991), daba un papel de externalidad en los modelos de comercio internacional y crecimiento con una alta influencia en el espacio. Esto con el fin de poder constituir un análisis regional moderno, donde no se generen errores de especificación, que en este caso dan lugar a la omisión de una variable relevante.

Se busca clasificar la econometría espacial de la estadística espacial, donde la primera es el estudio de los datos y la segunda es el estudio de los modelos (Hainig y Anselin, 1986).

Muchas de estas teorías han sido implementadas en parte, con el fin de medir los impactos de las políticas regionales y urbanas.

#### **4.4.1. Índice Local de Asociación Espacial (LISA)**

El Índice Local de Asociación Espacial (LISA), permite la identificación de patrones locales de asociación espacial, descomponiendo el Índice Moran para evaluar influencia de ubicaciones individuales en la estadística global que amplía las capacidades de visualización de los valores analizados a través del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Anselin, 1995).

Este índice se encarga de representar aquellas localizaciones con valores significativos en indicadores estadísticos de asociación espacial local, alertando así de la presencia de puntos calientes hot spots o atípicos espaciales, cuya intensidad depende de la significativa asociada de los datos estadísticos analizados. Este análisis se basa en la autocorrelación espacial local que representa las localizaciones con valores significativos en determinados indicadores estadísticos de asociación espacial local (Lizama, 2012).

Para analizar LISA se recurre al programa GeoDa que maneja amplios formatos de información geográfica disponible y permite trabajar con la cobertura geográfica del ausentismo electoral de los años 2009 y 2014. El resultado tangible radica en la visualización del comportamiento mediante la generación de dos tipos de mapas. El primero se denomina mapa de significancia (valor p), partiendo de un procedimiento de aleatorización se muestra para cada unidad espacial la probabilidad de que sus relaciones de contigüidad se produzcan de manera aleatoria. El segundo mapa se denomina de agrupamiento o clúster. En este se observa como cada unidad espacial se diferencia de sus unidades espaciales vecinas (Buzai y Baxendale, 2006).

#### **4.4.2. Índice de moran**

Entre las medidas de diagnóstico de autocorrelación disponibles están los estadísticos de conteo conjunto, el índice I de Moran, el índice C de Geary y la nube de vario grama. Estas son técnicas que ayudan a detectar si entre las unidades espaciales hay o no autocorrelación

espacial. Indiscutiblemente, la herramienta más utilizada con este fin es el índice I de Moran, el cual es una adaptación de una medida de correlación no-espacial a un contexto espacial y se aplica normalmente a unidades espaciales donde hay disponibilidad de información en forma de razones o intervalos. Una de las especificaciones más utilizadas es

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}}$$

Se puede analizar cada uno de los factores que intervienen en el índice. Primero el numerador de la segunda fracción, es decir,  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})$ , que se reconoce como el término de varianza, de hecho, es una covarianza. Los subíndices i y j se refieren a diferentes unidades o zonas espaciales en el estudio y  $y_i$  el valor de la observación para cada una de ellas. Al calcular el producto de la diferencia de las observaciones de dos zonas con la media general  $\bar{y}$  determina hasta dónde varían las observaciones conjuntamente. Si tanto  $y_i$  como  $y_j$  están al mismo lado de la media, este producto es positivo; si, por el contrario, están ubicados a lados diferentes de la media, el producto es negativo y el tamaño absoluto del valor resultante depende de qué tan cercanos sean los valores observados a la media general. Los términos de covarianza son multiplicados por  $w_{ij}$ , este es un elemento de la matriz de ponderaciones W. En el caso más sencillo,

$$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si la región i y la región j son adyacentes } \forall i \neq j \\ 0 & \text{En caso contrario} \end{cases}$$

los demás elementos de la fórmula normalizan el valor de I respecto al número de zonas en consideración, el número de adyacencias del problema y el rango de valores en y.

El divisor  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$  introduce el número de relaciones en el mapa.

El Factor  $\frac{n}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \frac{1}{v(y)}$  es en realidad una división por varianza general del conjunto de datos. La ecuación del índice de Moran puede escribirse en términos matriciales de forma más compacta como:

$$I = \frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \frac{y'Wy}{y'y}$$

Donde,  $y$ : es el vector columna cuyas entradas son cada diferencia ( $y_i - \bar{y}$ ).

El índice I de Moran y el índice Durbin y Watson son estructuralmente equivalentes al ser ambos un cociente de formas cuadráticas de residuos de regresión, su diferencia está en las matrices de pesos que especifican los enlaces entre las observaciones. La eficiencia y propiedades de los estimadores, así como de otros estadísticos dependen en general de si los términos de error de un modelo son correlacionados espacialmente. De allí que sea importante probar la existencia de correlación espacial.

Moran en su artículo “Notes on Continuous Stochastic Phenomena”, propuso un estadístico de prueba para el contraste de correlación entre unidades espaciales “contiguas”, cuyo desarrollo de manera formal es el siguiente:

Sea  $X$  una matriz de variables  $(m * n)$  aleatorias  $x_{ij}$   $i = 1, \dots, m$   $j = 1, \dots, n$  independientes e idénticamente distribuidas

$$\bar{x} = \frac{1}{mn} \sum_i \sum_j x_{ij}$$

$$mn\bar{x} = \sum_{ij} x_{ij}$$

Sea  $z_{ij} = x_{ij} - \bar{x}$  la covarianza entre las variables aleatorias  $z_{ij}, z_{i,j+1}$  está dada por:

$$\begin{aligned} cov(z_{ij}, z_{i,j+1}) &= E[z_{ij} - E(z_{ij})][z_{i,j+1} - E(z_{i,j+1})] \\ &= E[z_{ij}z_{i,j+1}] \end{aligned}$$

Y por el principio de analogía

$$\hat{cov}(z_{ij}, z_{i,j+1}) = \frac{\sum_i \sum_j^{m \ n-1} z_{ij} z_{i,j+1}}{m(n-1)}$$

Seguendo un razonamiento similar podemos construir el coeficiente de autocorrelación espacial de primer orden de una manera natural, como se presenta en la siguiente expresión

$$r_{11} = \left( \frac{mn}{2mn-m-n} \right) \frac{\sum_i \sum_j^{m \ n-1} z_{ij} z_{i,j+1} + \sum_i \sum_j^{m-1 \ n} z_{ij} z_{i+1,j}}{\sum_{ij} z_{ij}^2}$$

$$r_{11} = \left( \frac{mn}{2mn-m-n} \right) \frac{\sum_i^m (z_{i1} z_{i2} + z_{i2} z_{i3} + \dots + z_{i,n-1} z_{in}) + \sum_i^{m-1} (z_{i1} z_{i+1,1} + z_{i2} z_{i+1,2} + \dots + z_{in} z_{i+1,n})}{\sum_i (z_{i1}^2 + z_{i2}^2 + \dots + z_{in}^2)}$$

$$r_{11} = \left( \frac{mn}{2mn-m-n} \right) \left[ (z_{11} z_{12} + z_{12} z_{13} + \dots + z_{1,n-1} z_{1n} + z_{21} z_{22} + z_{22} z_{23} + \dots + z_{2,n-1} z_{2n} + \dots + z_{m1} z_{m2} + z_{m2} z_{m3} + \dots + z_{m,n-1} z_{mn}) + (z_{11} z_{21} + z_{12} z_{22} + \dots + z_{1n} z_{2n} + z_{21} z_{31} + z_{22} z_{32} + \dots + z_{2n} z_{3n} + \dots + z_{m-1,1} z_{m1} + z_{m-1,2} z_{m2} + \dots + z_{m-1,n} z_{mn}) \right] / (z_{11}^2 + z_{12}^2 + \dots + z_{1n}^2 + z_{21}^2 + z_{22}^2 + \dots + z_{2n}^2 + z_{m1}^2 + z_{m2}^2 + \dots + z_{mn}^2)$$

$$r_{11} = \left( \frac{mn}{2mn-m-n} \right) I$$

Definición: El índice I de Moran se define a partir de la construcción anterior como (Bohorquez I. et al, 2008):

$$I = \frac{\sum_i \sum_j^{m \ n-1} z_{ij} z_{i,j+1} + \sum_i \sum_j^{m-1 \ n} z_{ij} z_{i+1,j}}{\sum_{ij} z_{ij}^2}$$

#### 4.5. Modelos de Regresión de Poisson y Binomial negativa para estimar el valor económico por medio de la valoración de costo de viaje

Los modelos que vamos a tratar particularmente son los denominados como modelos para datos de conteo, que permiten considerar y analizar el comportamiento de variables de conteo (número de accidentes, visitas, nacimientos, individuos de una especie, entre otros). Dentro de estos modelos uno de los más utilizados es la distribución de poisson, pero también nos encontramos con el modelo de regresión binomial negativa:

- Modelo de Poisson log-linear: Se obtiene tomando como función enlace el canónico.

$$\log(\mu_i) = \eta_i = \mathbf{X}_i\beta \quad \text{ó} \quad \mu_i = \exp(\mathbf{X}_i\beta)$$

- Modelo de Regresión Binomial Negativa: Se obtiene tomando como función enlace, la función logaritmo  $g(u_i) = \log(u_i)$ .

$$\log(\mu_i) = \eta_i = \mathbf{X}_i\beta \quad \text{ó} \quad \mu_i = \exp(\mathbf{X}_i\beta)$$

En cualquiera de los dos casos la media condicional se especifica como:

$$E(Y_i|\mathbf{X}_i = x_i) = \exp(x_i\beta)$$

donde  $x_i$  indica los valores observados de las p variables explicativas en el i-ésimo individuo.

##### 4.5.1. Elección del mejor modelo.

El concepto en el que se basa la elección del “mejor modelo” dependerá de la finalidad que el autor persiga. Cuando la finalidad del modelamiento es de tipo predictivo se seleccionan las variables que expliquen el mayor porcentaje de variabilidad de la respuesta, para lo que se emplean criterios estadísticos, por otra parte cuando se persigue la finalidad de explicar, son los argumentos teóricos los que deben tomar un mayor protagonismo, especificando un modelo máximo inicial y de un conjunto de modelos restringidos que perseguiría, el evaluar los termino de interacción a partir de la significancia estadística, y analizar la necesidad de mantener variables de control en el modelo.

Como se expuso con anterioridad, el objetivo del proceso de modelamiento es la obtención de un modelo que sea capaz de representar datos, y que al mismo tiempo minimice la complejidad, es decir, atender a los criterios de **bondad de ajuste**

*4.5.1.1. bondad de ajuste:*

en un modelo lineal generalizado, la bondad del ajuste se puede evaluar de distintas formas, entre las que destacan:

- La función o estadístico desviación:

$$D(y; \hat{\mu}) = 2\{l(y; y) - l(\hat{\mu}; y)\}$$

Que es la distancia entre el logaritmo de la función verosimilitud del modelo saturado (con  $n$  parámetros, uno por observación) y el modelo que se está investigando. Un valor pequeño de la desviación indica que para un número menor de parámetros, se obtiene un ajuste tan bueno como cuando se ajusta el modelo saturado. Para probar la adecuación de un Modelo Lineal Generalizado, el valor de la desviación debe ser comparado con el percentil de alguna distribución de probabilidad referente. Si el modelo es correcto el estadístico desviación se distribuye asintóticamente según una  $\chi^2_{n-p}$  con  $n - p$  grados de libertad (McCullagh et al, 1989).

$$D(y, \hat{\mu}) \sim \chi^2_{n-p}$$

- **El coeficiente de determinación  $R^2$**

**La medida  $R^2$**  es definida como la reducción proporcional en la incertidumbre, debido a la inclusión de los regresores. Bajo ciertas condiciones también puede ser explicada como la varianza por el modelo ajustado

Este coeficiente viene dado por:

$$R^2 = 1 - \frac{D(y; \hat{\mu})}{D(y; \hat{\mu}_0)}$$

donde  $D(y; \hat{\mu})$  y  $D(y; \hat{\mu}_0)$  son las funciones de desviación del modelo ajustado y nulo (modelo simple que se usa como referencia), respectivamente y se verifica que  $0 \leq R^2 \leq 1$

- El estadístico Chi-cuadrado de Pearson:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{\mu}_i)^2}{V(\hat{\mu}_i)}$$

Donde  $V(\hat{\mu})$  es la función varianza estimada para la distribución de las variables respuesta

En cuanto a la selección del modelo, hacemos uso de los criterios de información para seleccionar entre diferentes modelos. Estos se basan en la comparación de log-verosimilitudes, pero penalizando a aquellos modelos con más variables explicativas. Estos criterios son:

- El Criterio de información Akaike (AIC)

En el caso general el AIC es:

$$AIC = k - 2\ln(\hat{L})$$

donde  $k$  es el número de parámetros en el modelo estadístico y  $\hat{L}$  es el máximo valor de la función verosimilitud para el modelo estimado. Dado un conjunto de modelos candidatos para los datos, el modelo preferido es el que tiene el valor mínimo en el AIC. Este criterio no sólo recompensa la bondad de ajuste, sino también incluye una penalidad, que es una función creciente del número de parámetros estimados.

- El Criterio de información bayesiano (BIC):

$$BIC = -2\ln\hat{L} + k\ln(n)$$

donde  $k$  es el número de parámetros libres a ser estimados,  $n$  es el tamaño de la muestra y  $\hat{L}$  es el máximo valor de la función de verosimilitud. Está estrechamente relacionado con el AIC y al igual que él resuelve el problema de selección de modelos mediante la introducción de un término penalización para el número de parámetros en el modelo, el término de penalización es mayor en el BIC que el en AIC.

#### 4.5.2. Modelo de regresión de Poisson

El Modelo de Regresión Poisson (MRP) es un modelo el cual se distingue por ser utilizado en estudios de variable de recuento. Es un modelo ideal para poder modelar valores enteros no negativos, principalmente cuando la frecuencia que ocurra un determinado suceso es baja.

Se dice que una variable  $Y_i$  sigue el MRP si se cumple lo siguiente:

$$Y \sim P(\mu_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$
$$g(\mu_i) = \eta_i = x_i^t \beta$$

Donde:

- $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^t$  corresponde al vector de covariables explicativas.
- $\beta = (\beta_0, \dots, \beta_p)$  corresponde al vector de parámetros desconocidos.

Los elementos que conforman este modelo son:

- Componente Aleatoria

Dado  $y_1, \dots, y_n$  un vector de variable respuesta positiva y sea  $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^T$  un vector de covariables explicativas con parámetro  $\mu_i$  define lo siguiente

$$Y \sim P(\mu_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

- Componente Sistemática

Dado  $u_i$ , y el predictor lineal representado por

$$\begin{aligned} \eta_i &= \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip} \\ &= \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij} \\ &= x_i^T \beta \end{aligned}$$

➤ Función de enlace

Mediante la siguiente elección de una función enlace, ambos componentes presentados anteriormente se combinan en el modelo.

$$g(\mu_i) = \eta_i$$

Las funciones de enlace más utilizadas para este tipo de modelo de regresión son

Función	Enlace
Logaritmo	$\log \mu_i = \eta_i$
Identidad	$\mu_i = \eta_i$
Raíz Cuadrada	$\sqrt{\mu_i} = \eta_i$

Esto es, para cuando el enlace logaritmo  $\hat{\mu} = \exp(x_i^T \beta)$  es positivo

### 4.5.3. Modelo de regresión Binomial Negativa

La más frecuente de las razones por las que el modelo Poisson falla es la heterogeneidad no observada. Es decir, existen factores no observados, que son característicos de los individuos, que realizan ciertas influencias sobre la variabilidad que se relaciona con la variable de respuesta. La dificultad que hay, es que la heterogeneidad no observada podría tener ciertas consecuencias para los procesos de inferencia estadística. En primer lugar, puede haber sobre dispersión y, en segundo lugar, un número enorme de ceros. La heterogeneidad, que no toma en cuenta el modelo Poisson, puede modelarse de manera evidente mediante el uso de la regresión binomial negativa. Existen, al menos, dos formas las cuales permiten a la distribución binomial negativa poder descender: la más recurrente asume que se está en presencia de una mezcla de distribuciones, en donde las observaciones se distribuyen como una distribución Poisson, pero se presupone un elemento de heterogeneidad individual no observado (la cual sigue una distribución gamma en su fórmula tradicional) la cual manifiesta el hecho de que la verdadera media no ha sido medida correctamente. La segunda forma, asume que existe una manera específica de dependencia entre sucesos, de forma que la ocurrencia de un evento aumenta la probabilidad de ocurrencia de eventos posteriores, aunque a pesar del último comentario esto podría solo ocurrir en estudios longitudinales.

- Formulación del Modelo de Regresión Binomial Negativa (Contreras, 2012).

Se dice que una variable  $Y_i$  sigue el MRBN, si se cumple lo siguiente

$$Y_i \sim BN(\mu_i, \phi), \quad i = 0, 1, 2, 3, \dots$$
$$g(\mu_i) = x_i^t \beta$$

Donde

- $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{ip})^t$  corresponde al vector de covariables explicativas.
- $\beta = (\beta_0, \dots, \beta_p)$  corresponde al vector de parámetros desconocidos.

Los elementos que conforman este modelo son:

- Componente Aleatoria

Sea  $Y_1, \dots, Y_n$  una variable aleatoria independiente la cual hace referencia al número de sucesos necesarios para poder obtener  $r$ -éxitos. Es decir, el número de éxito está establecido y la aleatoriedad es el número de suceso, de modo que

$$Y_i \sim BN(\mu_i, \phi), \quad i = 0, 1, 2, 3, \dots$$

- Componente Sistemática

Dado  $\mu_i$ , y el predictor lineal representado por

$$\eta_i = x_i^T \beta$$

- Función de enlace

Ambos componentes presentados anteriormente se combinan en el modelo, a través de la elección de la función de enlace

$$g(\mu_i) = \eta_i$$

Donde la  $g(\cdot)$  es una función de enlace.

Las funciones de enlace más utilizadas para este tipo de Modelo de Regresión son

Función	Enlace
Logaritmo	$\log \mu_i = \eta_i$
Identidad	$\mu_i = \eta_i$
Raíz Cuadrada	$\sqrt{\mu_i} = \eta_i$

## 5. Metodología

### 5.1.Ámbito de estudio – Sendero Quebrada la Vieja

El Sendero Quebrado la vieja se encuentra ubicado en la localidad de chapinero, específicamente en la calle 71 con avenida circunvalar, nororiente de la capital, donde se conservan 2.500 hectáreas protegidas de suelo rural. Este sendero forma parte de la cuenca media del río Bogotá y de la reserva forestal protectora bosque oriental de Bogotá, la cual forma parte de la estructura ecológica principal de la ciudad de Bogotá D.C. (Acueducto, 2020). El camino cuenta con miradores y estaciones que recorren los cerros mediante corredores ambientales que conectan con los barrios aledaños (Campos, 2022).

El Sendero Quebrado la vieja es un punto que conecta la ciudad y el bosque, donde prima la naturaleza y riqueza ambiental de los cerros orientales. En él se puede desarrollar actividades de senderismo y ecoturismo, donde se aleja por un momento de la contaminación y ruido de la ciudad, se respira un aire puro (Merchán, s.f.), al tiempo que se tiene la oportunidad de estar en contacto directo con la naturaleza, e interactuar con la gran biodiversidad del lugar, compuesta de varias especies de plantas, mamíferos, anfibios, reptiles, aves y algunas clases de peces. Actualmente la entidad encargada del ingreso y mantenimiento del sendero quebrada la vieja es la alcaldía y la empresa de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Bogotá (Campos, 2022).

### 5.2.Tamaño de la muestra

Para el tamaño de la muestra que tuviera la representatividad adecuada para la investigación, se buscó identificar en primer lugar la población del sendero natural, la cual está conformada por las personas que visitan este lugar, siendo un total de 47.816 personas en un año, que comprende un periodo establecido entre el 19 de junio del 2021 al 18 de junio del 2022. Datos que fueron suministrados por la EAAB-ESP, a partir del consolidado de asistencia del

sendero quebrada la vieja, desde que fue posible iniciar con la operación de reapertura económica después de la pandemia del Covid-19 desde septiembre del 2020 a julio de 2022.

Para determinar el tamaño de la muestra  $n$ , de un universo finito, se utilizó un modelo basado en el universo poblacional ( $N$ ). El modelo para el cálculo del tamaño de muestra representativa es el que se presenta a continuación:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

En donde,

$N$ : es el tamaño de universo poblacional

$Z$ : parámetro estadístico que depende del nivel de confianza que en este caso se utiliza el 95%

$e$ : error de estimación máximo aceptado, para este caso 5%

$p$ : la probabilidad de que ocurra el evento estudiado

$q$ : la probabilidad de que el evento no ocurra

Con estos parámetros, se calculó un tamaño de muestra de 381 encuestas. Toda la información recolectada se realizó por medio de encuestas consolidado en un SIG (sistemas de información geográfica) que permitió reunir, gestionar y analizar los datos con mayor precisión.

### **5.3.Diseño de la encuesta**

La encuesta por medio de la cual se recolectó toda la información de los visitantes al sendero natural quebrada la vieja se realizó con la aplicación survey123, esta es una aplicación desarrollada por la empresa ESRI y permite realizar encuestas inteligentes con las que se recopilan multitud de datos e información que posteriormente permite que sea visualizada geográficamente

La encuesta está compuesta por cuatro secciones (anexar encuesta), y una breve descripción de lo que se espera conocer con la aplicación de esta, también se realiza la aclaración del uso estrictamente académico de la información recolectada y su confidencialidad para tranquilidad del encuestado. En la sección I, se busca conocer información general del encuestado como lo es género, edad, nivel de estudios, lugar desde donde realiza su visita y si viene en compañía a su visita al sendero. En la sección II las preguntas realizadas están enfocadas en conocer la periodicidad con la que los visitantes asisten al sendero, su motivación para visitarlo, el medio de transporte empleado y valor estimado de los gastos que conlleva desplazarse para su visita. La sección III es donde se indaga sobre las características referentes al estrato socioeconómico del que proviene el visitante, su situación laboral actual, y el ingreso económico que tienen mensualmente.

Finalmente se cierra la encuesta con el grado de satisfacción de la visita al sendero natural quebrada la vieja con temas relacionados a la señalización que se encuentra en el desarrollo de su recorrido, la interacción con la flora y fauna del lugar, la limpieza y experiencia general que se podrá puntuar en un rango de uno a cinco, siendo cinco el nivel de puntuación más alto y uno el de menor, que evidencia el descontento de los visitantes con estos aspectos. También se le ofrece la oportunidad al usuario de realizar una recomendación sobre alguna medida a mejorar que ellos perciban que podría mejorar la experiencia de visitar este lugar.

#### **5.4.Recolección de información**

La aplicación de la encuesta se realizó de manera personal, lo que consistió en mantener una interacción entre el encuestador y la persona encuestada. Donde el encuestador tomo nota de las respuestas con el objetivo de suprimir errores que influyeran en el posterior procesamiento de los datos. Las encuestas se realizaron en el punto de ingreso del sendero natural quebrada la vieja permitiendo identificar de una manera más precisa las personas que hicieron la visita

### **5.5. Tipo de investigación**

Esta investigación emplea diversas fuentes de información como fuentes primarias, fuentes secundarias externas e internas. El enfoque de investigación es de tipo mixto, se manejaron variables de tipo cuantitativas y cualitativas, donde las variables cualitativas se convirtieron en categóricas. El conjunto de variables en un contexto numérico es analizado estadísticamente para determinar las variables que tienen relación con el fenómeno estudiado y posteriormente determinar una función de costos que permitan su valoración.

### **5.6. Procesamiento y análisis de datos**

Para la captura de la información primaria se diseñó una encuesta para estimar la valoración económica y análisis de las variables relacionadas, para la recolección de estos datos se utilizó la aplicación survey123, donde se guardó la información en una Geodatabase, para posteriormente realizar el tratamiento de los registros y por medios de Microsoft Excel para determinar cifras relevantes y estadísticas descriptivas, para el desarrollo de los modelos econométricos de Poisson y Binomial negativa para interpretar el número de visitas que en este caso es la variable dependiente, con respecto a las demás variables independientes y la relación que existe entre ellas a través del software estadístico Rstudio. Mismo software que fue empleado junto a ArcGIS para el análisis espacial con el objetivo de interpretar la correlación espacial de las variables.

## **6. Selección de las variables más relevantes que aportan a la valoración económica del Sendero quebrada la vieja**

La recolección de la información se realizó mediante un cuestionario estructurado en cuatro secciones, las cuales se relacionan a continuación.

## 6.1. Tabulación de los resultados de la encuesta

### 6.2. Selección I: Información General

En esta sección se indaga sobre el género, edad, nivel educativo alcanzado, lugar de procedencia de su visita al sendero, la distancia que tuvieron que recorrer desde su lugar de procedencia a la entrada del sendero y el número de acompañantes que van junto a la persona encuestada. Al obtener la información del lugar de procedencia de la persona encuestada se puede calcular la distancia recorrida y relacionar a una de las zonas de influencia determinadas (Círculo concéntrico).

Tabla 4. Información general

<b>Información General del Encuestado</b>			
<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Población</b>
Genero	Masculino	48,56%	185
	Femenino	51,44%	196
Edad	(15 - 24)	17,32%	66
	(25 - 34)	45,41%	173
	(35 - 44)	22,31%	85
	(45 - 55)	7,87%	30
	(56 - 67)	7,09%	27
Nivel educativo	Sin Estudios	0,00%	0
	Primaria	0,52%	2
	Bachiller	8,40%	32
	Técnico\ Tecnólogo	15,49%	59
	Pregrado	44,09%	168
	postgrado	31,50%	120
Localidad	Usaquén	9,19%	35
	Chapinero	20,21%	77
	Santa Fe	6,82%	26
	San Cristóbal	1,84%	7

<b>Información General del Encuestado</b>			
<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Población</b>
	Usme	1,05%	4
	Tunjuelito	0,52%	2
	Bosa	3,67%	14
	Kennedy	6,30%	24
	Fontibón	3,94%	15
	Engativá	9,71%	37
	Suba	14,96%	57
	Barrios Unidos	4,46%	17
	Teusaquillo	6,82%	26
	Los Mártires	1,31%	5
	Antonio Nariño	0,00%	0
	Puente Aranda	3,94%	15
	La Candelaria	0,26%	1
	Rafael Uribe Uribe	1,57%	6
	Ciudad Bolívar	3,41%	13
Distancia	(0,318 - 3,13)	21,78%	83
	(3,321 - 5,959)	22,57%	86
	(6,15 - 9,013)	16,27%	62
	(9,067 - 12)	19,95%	76
	(12,01 - 21,72)	19,42%	74
Circulo concéntrico	1	19,16%	73
	2	25,20%	96
	3	16,01%	61
	4	19,95%	76
	5	13,39%	51
	6	5,25%	20
	7	1,05%	4

<b>Información General del Encuestado</b>			
<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Población</b>
N° de acompañantes	(0 - 2)	61,68%	235
	(3 - 5)	26,77%	102
	(6 - 8)	7,87%	30
	(10 - 14)	2,36%	9
	(20 - 38)	1,31%	5

*Fuente: Elaboración propia.*

### **6.3. Selección II: Acerca de su viaje.**

Esta sección está dirigida a conocer el número de visitas que la persona encuestada a realizado en el último año, las personas que son visitantes por primera vez, si tienen experiencia visitando algún otro sendero natural, el medio de transporte empleado, gasto estimados y tiempo de duración en su desplazamiento al momento de la visita.

*Tabla 5. Acerca de su viaje*

<b>Características Generales del viaje</b>			
<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Población</b>
N° de visitas	(1- 4)	84,51%	322
	(5 - 10)	7,35%	28
	(12 - 25)	2,89%	11
	(26 - 40)	1,31%	5
	(50 - 100)	3,94%	15
Primera visita al sendero	Si	57,74%	220
	No	42,26%	161
Visitas a otro sendero	Si	55,12%	210
	No	44,88%	171
Medio de transporte	A Pie	13,91%	53
	carro	51,18%	195
	moto	1,57%	6

<b>Características Generales del viaje</b>			
<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Población</b>
	bicicleta	1,31%	5
	bus	2,36%	9
	Transmilenio	22,31%	85
	Sitp	7,35%	28
Gastos estimados	(\$0 - \$2.000)	17,85%	68
	(\$2.500 - \$5.000)	27,03%	103
	(\$5.200 - \$8.100)	12,34%	47
	(\$8.500 - \$ 15.000)	24,67%	94
	(\$16.000- \$50.000)	18,11%	69
Tiempo de duración del recorrido	(7 - 11)	11,81%	45
	(15 - 30)	48,82%	186
	(35 - 60)	28,87%	110
	(70 - 90)	6,30%	24
	(100 - 180)	4,20%	16

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **6.4. Selección III: Situación actual del visitante.**

Esta sección está dirigida a conocer el número de visitas que la persona encuestada a realizado en el último año, las personas que son visitantes por primera vez, si tienen experiencia visitando algún otro sendero natural, el medio de transporte empleado, gasto estimados y tiempo de duración en su desplazamiento al momento de la visita.

*Tabla 6. Situación actual del visitante*

<b>Situación Actual del Visitante</b>			
<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Población</b>
Estrato socioeconómico	Bajo - Bajo (1)	2,10%	8
	Bajo (2)	12,86%	49
	Medio - Bajo (3)	36,75%	140

<b>Situación Actual del Visitante</b>			
<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Población</b>
	Medio (4)	29,40%	112
	Medio - Alto (5)	8,92%	34
	Alto (6)	9,97%	38
Situación laboral actual	Sin Empleo	4,20%	16
	Estudiante	9,97%	38
	Trabajador	83,99%	320
	Jubilado	1,84%	7
Ingreso mensual	Menos de 1 SMMLV	14,17%	54
	De 1 a 2 SMMLV	23,10%	88
	Más de 2 SMMLV	62,73%	239

*Fuente: Elaboración propia.*

### **6.5. Selección IV: Experiencia de la visita**

La sección final de esta encuesta se dirigió a conocer la satisfacción del visitante con respecto a la señalización, limpieza, acceso, flora y fauna, del sendero y una apreciación de la visita en general.

*Tabla 7. Experiencia de la visita*

<b>Experiencia de la Visita</b>			
<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Población</b>
Nivel de satisfacción de la señalización	1	0,79%	3
	2	2,10%	8
	3	10,24%	39
	4	25,46%	97
	5	61,42%	234
Nivel de satisfacción de la limpieza del sendero	1	0,00%	0
	2	0,26%	1

<b>Experiencia de la Visita</b>			
<b>Variable</b>	<b>Categorías</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Población</b>
	3	1,84%	7
	4	11,81%	45
	5	86,09%	328
Nivel de satisfacción de la flora y fauna del sendero	1	0,00%	0
	2	0,00%	0
	3	4,99%	19
	4	10,76%	41
	5	84,25%	321
Nivel de satisfacción del acceso al sendero	1	0,79%	3
	2	1,57%	6
	3	3,67%	14
	4	14,70%	56
	5	79,27%	302
Nivel de satisfacción de la visita al sendero	1	0,00%	0
	2	0,00%	0
	3	0,00%	0
	4	9,71%	37
	5	90,29%	344

*Fuente: Elaboración propia.*

### **6.6. Variables y unidades para el análisis estadístico**

A continuación, se describen las variables y su correspondiente unidad empleada para el análisis estadístico, los valores en color rojo indican el valor de la unidad empleada, dependiendo de la respuesta dada por la persona encuestada.

Tabla 8. Variables y unidades para el análisis estadístico

#	Variable	Definición	Unidades
1	<b>NV</b>	Número de visitas que ha realizado la persona encuestada en el último año al sendero	<b>Número</b>
2	<b>E</b>	Edad de la persona encuestada	<b>Número</b>
3	<b>NE</b>	Nivel educativo alcanzado por la persona encuestada	<b>1:</b> Sin Estudios <b>2:</b> Primaria <b>3:</b> Bachiller <b>4:</b> Técnico\ Tecnólogo <b>5:</b> Pregrado <b>6:</b> postgrado
4	<b>G</b>	Genero de la persona encuestada	<b>1:</b> Masculino <b>2:</b> Femenino
5	<b>MT</b>	Medio de transporte ocupado por la persona encuestada para desplazarse a su visita al sendero natural	<b>1:</b> A Pie <b>2:</b> carro <b>3:</b> moto <b>4:</b> bicicleta <b>5:</b> bus <b>6:</b> Transmilenio <b>7:</b> Sitp
6	<b>AC</b>	Número de personas que acompañan en la visita al sendero a la persona encuestada	<b>Número</b>
7	<b>GE</b>	Gastos estimados en los que incurrió el visitante en su visita al sendero. La unidad de medida son pesos colombianos	<b>Número</b>
8	<b>TDR</b>	Tiempo de duración del recorrido desde su punto de origen a la entrada del sendero. La unidad de medida es en minutos	<b>Número</b>

#	Variable	Definición	Unidades
9	ES	Estrato socioeconómico al que pertenece el encuestado	<p>1: Bajo - Bajo</p> <p>2: Bajo</p> <p>3: Medio - Bajo</p> <p>4: Medio</p> <p>5: Medio - Alto</p> <p>6: Alto</p>
10	SLA	Situación laboral actual de la persona encuestada	<p>1: Sin Empleo</p> <p>2: Estudiante</p> <p>3: Trabajador</p> <p>4: Jubilado</p>
11	IM	Ingresos mensuales de la persona encuestada	<p>1: Menos de 1 SMMLV</p> <p>2: De 1 a 2 SMMLV</p> <p>3: Más de 2 SMMLV</p>
12	NSV	Nivel de satisfacción con respecto a la visita al sendero	<p>1: Malo</p> <p>2: Deficiente</p> <p>3: Regular</p> <p>4: Bueno</p> <p>5: Excelente</p>
13	L	Localidad de procedencia de la persona encuestada	<p>1: Usaquén</p> <p>2: Chapinero</p> <p>3: Santa Fe</p> <p>4: San Cristóbal</p> <p>5: Usme</p> <p>6: Tunjuelito</p> <p>7: Bosa</p> <p>8: Kennedy</p>

#	Variable	Definición	Unidades
			<p>9: Fontibón</p> <p>10: Engativá</p> <p>11: Suba</p> <p>12: Barrios Unidos</p> <p>13: Teusaquillo</p> <p>14: Los Mártires</p> <p>15: Antonio Nariño</p> <p>16: Puente Aranda</p> <p>17: La Candelaria</p> <p>18: Rafael Uribe Uribe</p> <p>19: Ciudad Bolívar</p> <p>20: Otro (fuera de Bogotá)</p>
14	<b>D</b>	Distancia que existe entre el lugar de procedencia de la persona encuestada al sendero. La unidad de medida es en kilómetros (km)	<b>Número</b>
15	<b>CC</b>	Circulo Concéntrico en donde se ubica la persona encuestada	<p>1: 3 Km</p> <p>2: 6 Km</p> <p>3: 9 Km</p> <p>4: 12 Km</p> <p>5: 15 Km</p> <p>6: 18 Km</p> <p>7: 21 Km</p>

Fuente: Elaboración propia.

## 7. Resultados y conclusiones

### 7.1. Análisis inicial de las variables.

A continuación, se muestra el análisis preliminar de las variables independientes, y como se espera que estas afecten a la variable dependiente que para este estudio se definió como número de visitas (NV), donde se determinara en qué medida es más o menos influyente dentro del modelo, o si por el contrario no muestra ningún tipo de relación con respecto a la cantidad final de visitas que las personas encuestas han realizado en el último año.

Tabla 9. Análisis inicial de las variables

Variable	Definición
E	A mayor edad mayor número de visitas
NE	A mayor nivel educativo habrá un mayor número de visitas
G	El género femenino tendría un mayor número de visitas
MT	Al emplear el carro como medio de transporte habrá un mayor número de visitas
AC	Las personas que realicen la visita al sendero natural con un número de acompañantes no mayor a dos tendrán un mayor número de visitas
GE	A mayor cantidad de gastos invertidos la cantidad de visitas serán mayores
TDR	Los recorridos que no superen los treinta minutos serán los que tendrán un mayor número de visitas
ES	A un mayor estrato socioeconómico mayor será el número de visitas
SLA	Los trabajadores realizarían un mayor número de visitas
IM	A mayor cantidad de ingresos mayor será el número de visitas
NSV	A mayor satisfacción de la visita habrá un mayor número de visitas
L	Las personas que se encuentren ubicados en la localidad de Chapinero serán las que realicen un mayor número de visitas
D	Las personas que no se encuentren a una distancia mayor de 6 kilómetros de su punto de origen a la entrada del sendero son las que realizarán más visitas

Fuente: Elaboración propia.

## 7.2. Estimación de un modelo econométrico mediante la aplicación del método de costo de viaje

### 7.2.1. Modelos de regresión.

Se desarrollaron y analizaron dos modelos econométricos como lo son el modelo de poisson y el modelo de una distribución binomial negativa con una serie de distintos grupos de variables independientes para ser relacionadas con el número de visitas realizadas por las personas encuestadas, y así determinar el mejor modelo con un menor valor de AIC, criterio que ayudara en la determinación del mejor modelo de acuerdo con cada una de las regresiones evaluadas.

#### *7.2.1.1. Modelo de Regresión de Poisson.*

La ecuación de un modelo de regresión de poisson en el que se explique la variable número de visitas (**NV**), en función de las demás variables presentadas en la Tabla 1Tabla 9.

$$\begin{aligned} NV = & (\beta_0) + (\beta_1 \times E) + (\beta_2 \times NE) + (\beta_3 \times G) + (\beta_4 \times MT) + (\beta_5 \times AC) \\ & + (\beta_6 \times GE) + (\beta_7 \times TDR) + (\beta_8 \times ES) + (\beta_9 \times SLA) + (\beta_{10} \times IM) \\ & + (\beta_{11} \times NSV) + (\beta_{12} \times L) + (\beta_{13} \times D) + \epsilon \end{aligned}$$

E: Edad

NE: Nivel educativo

G: Genero

MT: Medio de transporte

AC: Número de acompañantes

GE: Gastos estimados

TDR: Tiempo de duración del recorrido

ES: Estrato socioeconómico

SLA: Situación laboral actual

IM: Ingreso mensual

NSV: Nivel de satisfacción de la visita

L: Localidad

D: Distancia

$\epsilon$ : Error

Se realizó la regresión y los valores de los coeficientes se relacionan en la siguiente tabla con los resultados alcanzados (valor, signo de los coeficientes y significancia individual).

Tabla 10. Regresión y valores de los coeficientes para una regresión de poisson

<b>Coefficiente</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Signo</b>	<b>Significancia</b>
$\beta_0$		2.288335730	-	***
$\beta_1$	E	0.047793348	+	***
$\beta_2$	NE	0.049461757	+	
$\beta_3$	G	0.092101681	-	*
$\beta_4$	MT	0.015378539	+	
$\beta_5$	AC	0.101085679	-	***
$\beta_6$	GE	0.000037697	-	***
$\beta_7$	TDR	0.006755034	+	***
$\beta_8$	ES	0.237941261	+	***
$\beta_9$	SLA	0.106891172	+	
$\beta_{10}$	IM	0.252264047	+	***
$\beta_{11}$	NSV	0.179647707	+	*
$\beta_{12}$	L	0.004584789	+	
$\beta_{13}$	D	0.089984040	-	***

Fuente: Elaboración propia.

Descartando las variables que no guardan una alta significancia con el modelo de costo de viaje para hallar el valor económico del sendero natural quebrada la vieja. La ecuación queda de la siguiente manera.

$$NV = (\beta_0) + (\beta_1 \times E) + (\beta_5 \times AC) + (\beta_6 \times GE) + (\beta_7 \times TDR) + (\beta_8 \times ES) \\ + (\beta_{10} \times IM) + (\beta_{11} \times NSV) + (\beta_{13} \times D) + \epsilon$$

Tabla 11. Regresión y valores de los coeficientes con alta significancia para una regresión de poisson

<b>Coefficiente</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Signo</b>	<b>Significancia</b>
$\beta_0$		2.039920178	-	***
$\beta_1$	E	0.048569622	+	***
$\beta_5$	AC	0.103274034	-	***
$\beta_6$	GE	0.000037751	-	***
$\beta_7$	TDR	0.007365377	+	***
$\beta_8$	ES	0.236409781	+	***
$\beta_{10}$	IM	0.331889174	+	***
$\beta_{11}$	NVS	0.177609671	+	*
$\beta_{13}$	D	0.086962165	-	***

Fuente: Elaboración propia.

E: Edad

AC: Número de acompañantes

GE: Gastos estimados

TDR: Tiempo de duración del recorrido

ES: Estrato socioeconómico

IM: Ingreso mensual

NSV: Nivel de satisfacción de la visita

D: Distancia

$\epsilon$ : Error

#### 7.2.1.2. Test de dispersión

El supuesto fundamental para la aplicación del modelo de Poisson es que exista equidispersión, para determinar si existe o no sobredispersión se utiliza el test de dispersión. Se concluirá que existirá sobredispersión si  $\alpha > 0$ , por el contrario si  $\alpha < 0$  no habrá sobredispersión. El coeficiente  $\alpha$  puede estimarse a través de una regresión MCO auxiliar (mínimos cuadrados ordinarios) y probado con la estadística correspondiente, que es asintóticamente normal estándar bajo la hipótesis nula.

A continuación, se observa el valor que arroja el test de dispersión bajo el criterio de  $\alpha$ :

```

data: poisson.model.rate
z = 4.0639, p-value = 0.00002413
alternative hypothesis: true dispersion is greater than 1
sample estimates:
dispersion
  14.81547

```

Si el valor de dispersión es mayor que 1, se estará en presencia de una sobre dispersión. Por el contrario, si el valor dispersión es menor que 1, se estará en ausencia de una sobre dispersión. Por lo tanto, se concluye que con un valor de dispersión = 14.81, así mismo se debe cambiar a otro modelo que se ajuste a los datos, como lo es el modelo Binomial Negativa por sobre el modelo Poisson, confirmando lo que dice el criterio basado en  $\alpha$

### 7.2.1.3. Modelo Regresión Binomial negativa.

La ecuación de un modelo de regresión Binomial negativa en el que se explique la variable número de visitas (NV), en función de las demás variables. Para este modelo se usaron las mismas variables determinadas en el modelo de Poisson.

$$\begin{aligned}
 NV = & (\beta_0) + (\beta_1 \times E) + (\beta_2 \times NE) + (\beta_3 \times G) + (\beta_4 \times MT) + (\beta_5 \times AC) \\
 & + (\beta_6 \times GE) + (\beta_7 \times TDR) + (\beta_8 \times ES) + (\beta_9 \times SLA) + (\beta_{10} \times IM) \\
 & + (\beta_{11} \times NSV) + (\beta_{12} \times L) + (\beta_{13} \times D) + \epsilon
 \end{aligned}$$

Tabla 12. Regresión y valores de los coeficientes para una regresión Binomial negativa

Coeficiente	Variable	Valor	Signo	Significancia
$\beta_0$		0.990308683	-	
$\beta_1$	E	0.049985010	+	***
$\beta_2$	NE	0.055714856	-	
$\beta_3$	G	0.302550199	-	*
$\beta_4$	MT	0.003195352	-	
$\beta_5$	AC	0.049468667	-	*
$\beta_6$	GE	0.000240576	-	**
$\beta_7$	TDR	0.004054320	+	
$\beta_8$	ES	0.218069469	+	**
$\beta_9$	SLA	0.145821768	+	
$\beta_{10}$	IM	0.198545131	+	
$\beta_{11}$	NSV	0.059800875	+	
$\beta_{12}$	L	0.018762589	-	
$\beta_{13}$	D	0.050728583	-	*

Fuente: Elaboración propia.

Descartando las variables que no guardan una alta significancia con el modelo de costo de viaje para hallar el valor económico del sendero natural quebrada la vieja. La ecuación queda de la siguiente manera.

$$NV = (\beta_0) + (\beta_1 \times E) + (\beta_3 \times G) + (\beta_5 \times AC) + (\beta_6 \times GE) + (\beta_8 \times ES) + (\beta_{10} \times IM) + (\beta_{13} \times D) + \epsilon$$

Tabla 13. Regresión y valores de los coeficientes con alta significancia para una Binomial negativa

<b>Coefficiente</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Signo</b>	<b>Significancia</b>
$\beta_0$		0.570582974	-	
$\beta_1$	E	0.052029874	+	***
$\beta_3$	G	0.354109597	-	**
$\beta_5$	AC	0.047670307	-	*
$\beta_6$	GE	0.000253320	-	***
$\beta_8$	ES	0.208262202	+	**
$\beta_{10}$	IM	0.202116077	+	*
$\beta_{13}$	D	0.043600330	-	*

Fuente: Elaboración propia.

Se observa de la Tabla 13 que siete variables guardan una alta significancia (90%, 95% 99%) en el modelo, es decir para este modelo Binomial Negativa existe relación del número de visitas con respecto a las demás variables significativas.

Tabla 14. Comparación final entre los modelos de regresión

	<b>Modelo de Regresión Poisson</b>	<b>Modelo de Regresión Binomial Negativa</b>
AIC	4532,5	1831,8

Con la Tabla 14 se corroboran los resultados del test de dispersión que al existir sobre dispersión, el modelo que debería ajustarse mejor a estos datos de conteo debiese ser el Modelo de Regresión Binomial Negativa sobre el Modelo de Regresión de Poisson, que

claramente señala el criterio de AKAIKE, ya que el valor AIC de Poisson es mayor que el valor AIC Binomial Negativa.

#### 7.2.1.4. Prueba de bondad de ajuste para Binomial Negativa:

El siguiente contraste permite determinar la bondad de ajuste del modelo

*Ilustración 4. Prueba de bondad*

```
2 x log-likelihood: -1813.8070
> ####prueba bondad de ajuste
> pchisq(modBN$deviance, df=modBN$df.residual, lower.tail = FALSE)
[1] 0.8026024
```

Para un p-valor mayor que 0.05 indica que hay un buen ajuste lineal, por lo tanto, la prueba de bondad de ajuste = 0.80, permite ver como el modelo se ajusta en un 80%

### 7.3. Interpretación de las variables

Los valores de los coeficientes asociados a las siete variables independientes con una alta significancia indican en que proporción afectan el número de visitas y el tipo de relación que se presenta, siendo directa o inversa dependiendo el signo que lo acompaña. La interpretación de los coeficientes del modelo puede realizarse en términos porcentuales.

El coeficiente de la variable **Edad**  $\beta_1$ , presenta un signo positivo y cuenta con un nivel de significancia del 99%, por lo cual presenta una relación directa con la variable dependiente número de visitas. Es decir que la probabilidad de que la persona encuestada realice un mayor número de visitas aumenta en un 5,2% a medida que la edad es menor dentro de los rangos establecidos.

La variable **Genero**  $\beta_3$  tiene un signo negativo y cuenta con un nivel de confianza del 95%, lo que significa una relación inversa con la variable dependiente número de visitas. Esto sugiere que los hombres realizan 35,4% menos visitas a comparación del género femenino que fue más prevalente en el estudio.

La variable **número de acompañantes**  $\beta_5$ , cuenta con un signo negativo y un nivel de significancia de 90%, por ende, presenta una relación indirecta con la variable dependiente

número de visitas, ya que la probabilidad de que el individuo encuestado realice un mayor número de visitas disminuye en un 4,8% a medida que el número de acompañantes es menor.

La variable **Gastos estimados**  $\beta_6$ , presenta un signo negativo y un nivel de significancia de 99%, lo que significa una relación inversa con la variable dependiente número de visitas, es decir que la probabilidad de que la persona encuestada realice un mayor número de visitas disminuye en un 0,025% a medida que los gastos estimados son menores.

El **Estrato socioeconómico**  $\beta_8$ , presenta un signo positivo y un nivel de significancia de 95%, por lo que tiene una relación directa con el número de visitas, esto significa que la probabilidad de que las personas encuestadas realicen más visitas aumenta en un 20,8% a medida que el estrato socioeconómico es mayor.

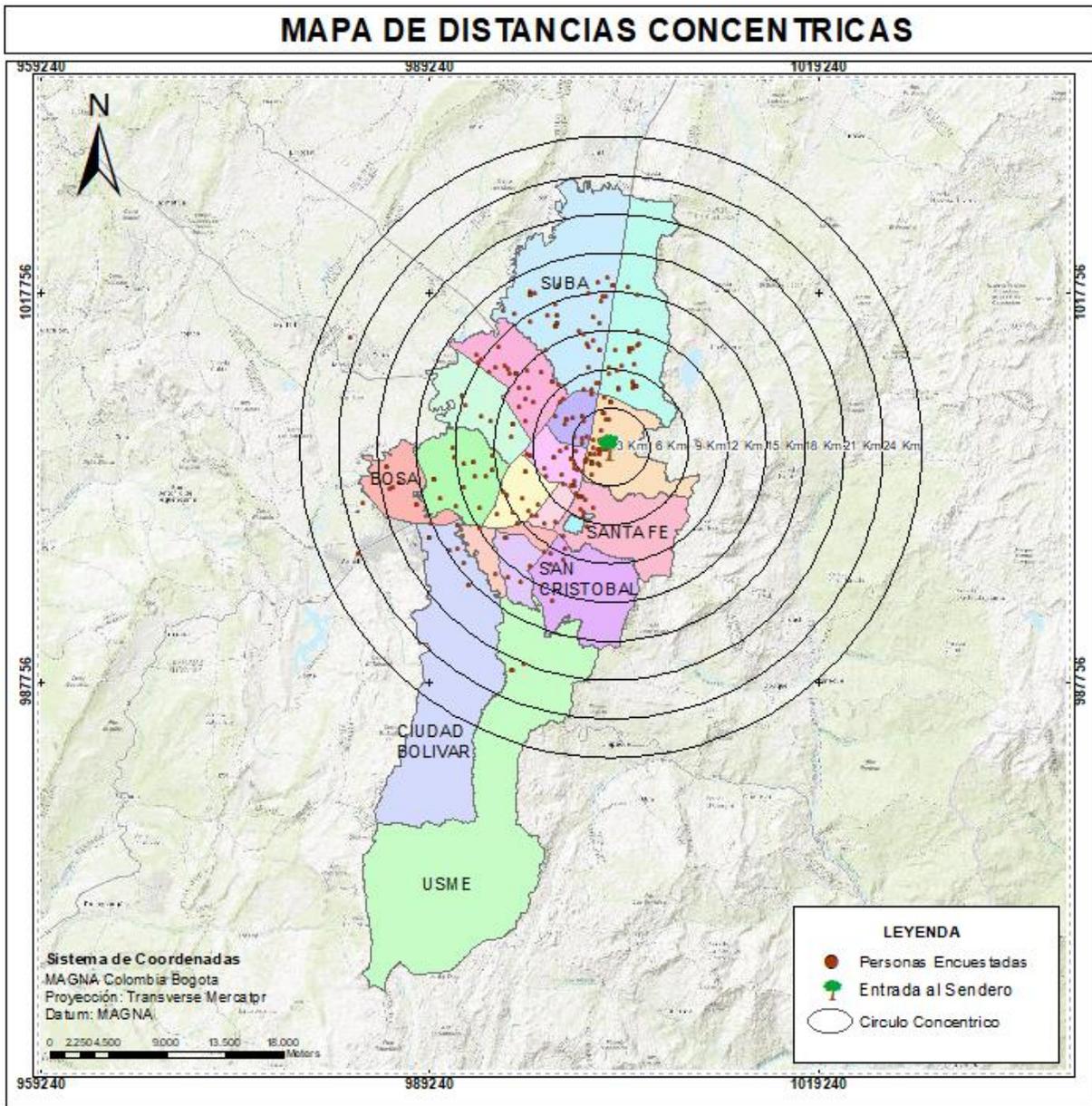
El **Ingreso mensual**  $\beta_{10}$ , presenta un signo positivo y un nivel de significancia de 90%, por lo que tiene una relación directa con el número de visitas, esto significa que la probabilidad de que las personas encuestadas realicen más visitas aumenta en un 20,2% a medida que el ingreso mensual es mayor.

La variable **Distancia**  $\beta_{13}$ , cuenta con un signo negativo y un nivel de significancia de 90%, por ende, presenta una relación indirecta con la variable dependiente número de visitas, ya que la probabilidad de que el individuo encuestado realice un mayor número de visitas disminuye en un 4,4% a medida que la distancia es mayor.

## **8. Función de demanda y excedente del consumidor**

Para estimar la función de demanda se ha elegido la variante zonal equidistante del método de costo de viaje, realizando la determinación de los visitantes provenientes de la ciudad de Bogotá según la distancia empleada en el recorrido para llegar al sendero natural desde su punto de origen y agrupándolos según zonas concéntricas a su alrededor como muestra el siguiente mapa.

Ilustración 5. Mapa de distancias concéntricas al sendero natural utilizando el método de costo de viaje



Fuente: Elaboración propia.

La primera zona A se define para los visitantes que realizaron un recorrido entre 0 km a 6 km en el viaje de ida y vuelta, donde se aprecian visitantes de las localidades más cercanas al sendero natural quebrada la vieja como lo es la localidad de Chapinero, Barrios unidos y Teusaquillo. En la segunda zona, B comprendida entre los 6 km a 12 km, se encuentran visitantes de las localidades de Candelaria, Barrios unidos, Teusaquillo, Puente Aranda, Los mártires, Usaquén, Chapinero y la localidad de Santa Fe. La tercera zona, C que va de los 9 km a los 18 km de recorrido proceden visitantes de las localidades de Antonio Nariño, Candelaria, Teusaquillo, Puente Aranda, Los mártires, Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Kennedy, Fontibón, Engativá, y Suba, en la cuarta zona definida D, los visitantes recorren de 12 km a 24 km y proceden de las localidades de Puente Aranda, Usaquén, santa fe, San Cristóbal, Kennedy, Fontibón, Engativá y Suba. En la quinta zona, E que va de los 15 km a 30 km de recorrido se ubican visitantes de las localidades de San Cristóbal, Usme, Ciudad Bolívar, Bosa, Kennedy, Fontibón, Engativá y la localidad de suba. En la sexta zona, F los visitantes recorren entre 18 km a 30 km para visitar el sendero y provienen de las localidades de Usaquén, San Cristóbal, Usme, Ciudad Bolívar, Bosa, Kennedy, Fontibón Y Suba. Finalmente, la séptima zona establecida, G los visitantes recorren entre 21 km a 42 km y son visitantes provenientes de las localidades de Usme, Usaquén, Ciudad Bolívar, Bosa y suba. Para la última zona, H ya no hay visitantes que registrar puesto que se supone que los costos de desplazamiento son los suficientemente elevados para que nadie visite ya el sendero.

A continuación, se puede observar la información necesaria para emplear MCV zonal en la Tabla 15 tomando como base los datos primarios provenientes de los resultados de la encuesta y agregando la información de la población de Bogotá de acuerdo con cada zona de influencia establecidas. Cálculos realizados con sistemas de información geográfica (SIG), con el cual se calcularon las variables espaciales necesarias.

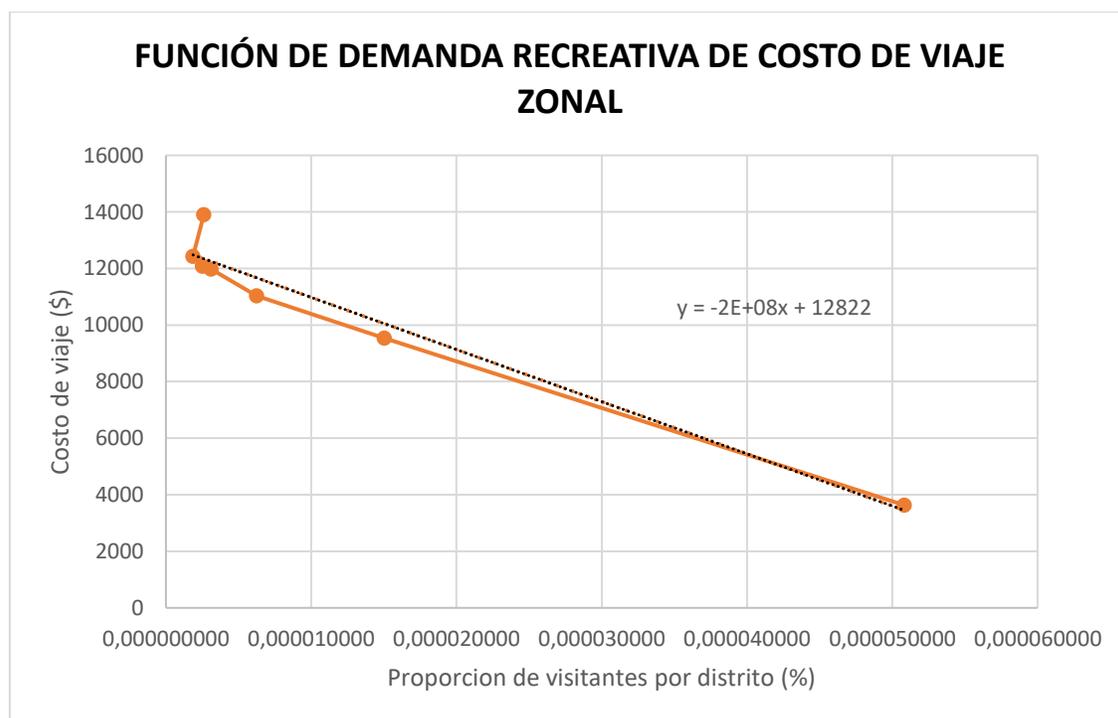
## 8.1. Función de demanda.

Tabla 15. Datos necesarios para el método de costo de viaje zonal

Zona	Distancia Ida - Vuelta (Km)	Visitantes de la muestra	Habitantes	Porcentaje de visitas sobre habitantes	Promedio costo de viaje
A	6	88	1731541	0,005082%	\$3.619
B	12	81	5385597	0,001504%	\$9.530
C	18	71	11380552	0,000624%	\$11.035
D	24	66	21156506	0,000312%	\$11.981
E	30	51	20207558	0,000252%	\$12.082
F	36	20	10751696	0,000186%	\$12.430
G	42	4	1537453	0,000260%	\$13.900

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 6. Función de demanda recreativa de costo de viaje zonal



Fuente: Elaboración propia.

El costo de viaje de la zona A es \$3.619, para la zona B es \$3.619, \$9.530 de la zona C, \$11.035 en la zona D, \$11.981 para la zona E, \$12.082 para la zona F, en la zona G es \$12.430 y para la última zona la H el costo es de \$13.900. Con estos valores del costo de viaje se aprecia que la demanda, gracias a la entrevista realizada a visitantes del Sendero natural, se evidencia que 88 personas provienen de la zona A y representan el 0,005082% de los habitantes, 81 entrevistados provienen de zona B y representan el 0,001504%, para la zona C se registraron 71 visitantes que equivalen al 0,000624% del número total de habitantes para esa zona, para la zona D se registraron 66 visitas y representan un 0,000312% sobre el número de habitantes, 51 personas de la zona E visitaron el sendero que equivalen al 0,000252% de los habitantes, por último para la zona F y H se registraron la cantidad de 20 y 4 visitas, lo equivalen al 0,000186% y 0,000260% de habitantes respectivamente a su zona.

## **8.2.Resultado de la estimación del excedente del consumidor.**

Después de haber realizado la estimación del modelo se seleccionaron las variables con mayor significancia, se procede a estimar el excedente del consumidor, el cual representa la valoración monetaria que los individuos asignan al uso del sendero quebrada la vieja. El excedente del consumidor se calcula a partir del coeficiente estimado de la variable que captura los gastos en los que incurre el visitante en su desplazamiento al sendero. La expresión matemática es:

$$\text{excedente del consumidor} = -\frac{1}{\alpha}$$

Los resultados del cálculo indican que el excedente del consumidor para el modelo (2) que corresponde al modelo de una distribución Binomial negativa es de aproximadamente \$3947,57.

Dado que la visita de una persona al Sendero tiene un valor aproximado de \$3.947,57 y el número de visitas registradas en un año es de 47.816, para obtener el valor monetario anual del sendero se realiza la multiplicación de \$3.947,57\*47.816, por lo que se obtiene el valor monetario anual del Sendero el cual es \$188.757.007.

## 9. Análisis de autocorrelación espacial para las visitas al sendero natural quebrada la vieja

### 9.1. Análisis de autocorrelación espacial

Para llevar a cabo un análisis más profundo de las variables espaciales y como estas se comportan espacialmente se hizo uso de dos herramientas de análisis geoestadísticos de autocorrelación como lo son el índice de moran e índice local de asociación espacial (LISA) para determinar la existencia o no de autocorrelación espacial entre los datos analizados y analizar las unidades poligonales continuas.

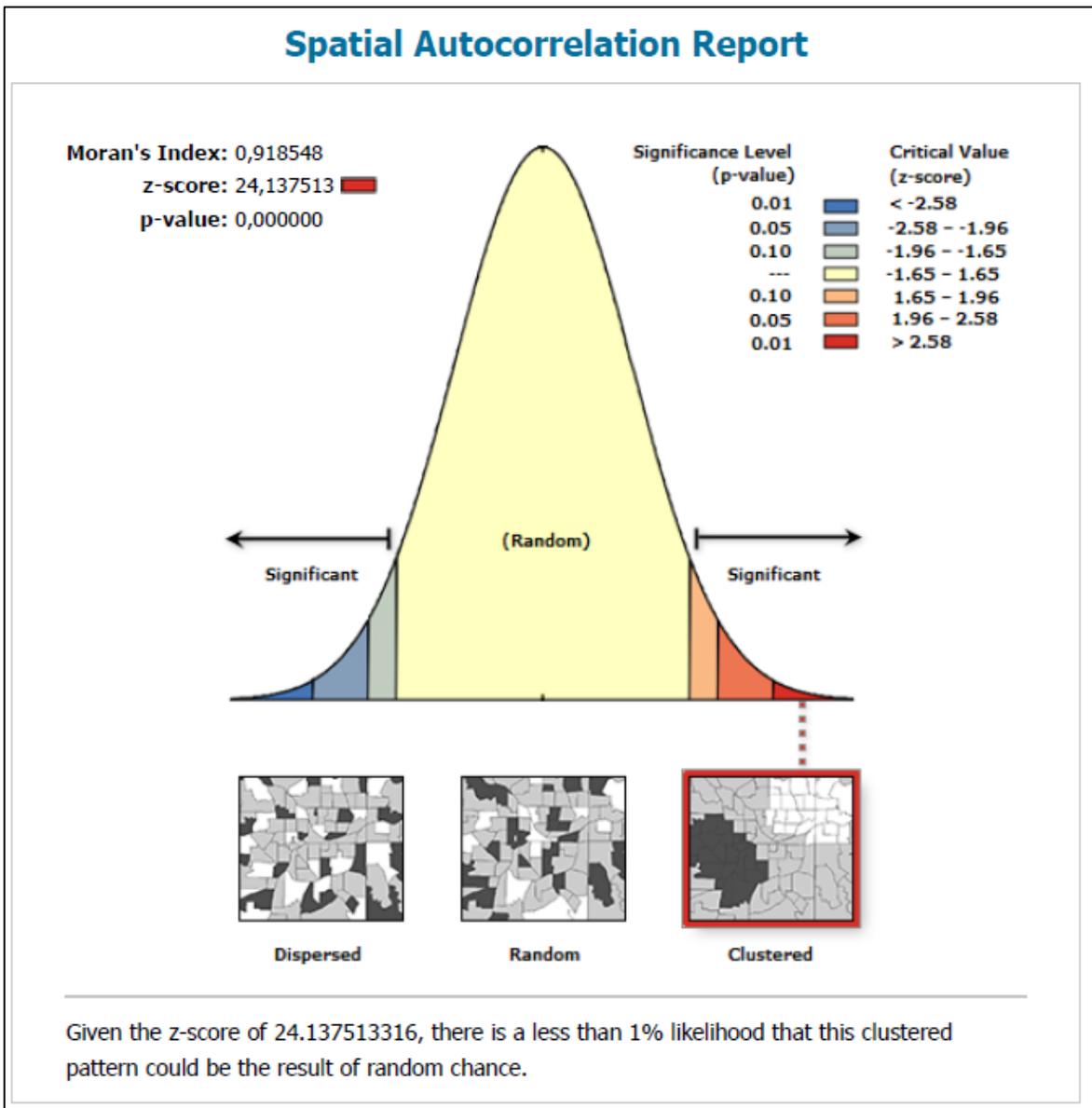
Tabla 16. Técnicas de asociación espacial a nivel global y local

asociación Espacial	Global	1. índice de Moran	Reporte de autocorrelación espacial	Desarrollado en ARCGIS
	Local	2. LISA	Mapa de Clusters	Desarrollado en Rstudio

### 9.2. Índice de moran

Por medio del índice de moran se explica a nivel general como se encuentran distribuidas el número de visitas al sendero natural quebrada la vieja en la ciudad de Bogotá, la misma que se puede expresar en forma de agrupaciones, dispersiones o aleatoriedad.

Ilustración 7. Gráfico correspondiente a la obtención del Índice global de Moran referido a el número de visitas al sendero natural quebrada la vieja obtenido con el software ArcGIS



Fuente: Elaboración propia, procesamiento ArcGIS

La prueba estadística del índice de moran para determinar si existe evidencia de autocorrelación espacial será empleada para poder validar la hipótesis nula de que los patrones espaciales no son el resultado de procesos aleatorios, versus la hipótesis alternativa de que los patrones espaciales si son el resultado de procesos aleatorios (Anselin, 1999) se puede comprobar con la Ilustración 7, donde se aprecia en el reporte, la autocorrelación espacial por medio de un resumen del Índice global de moran y una leyenda en la que se observa que “dado un puntaje de z de 24,14 hay menos del 1% de probabilidad que este patrón

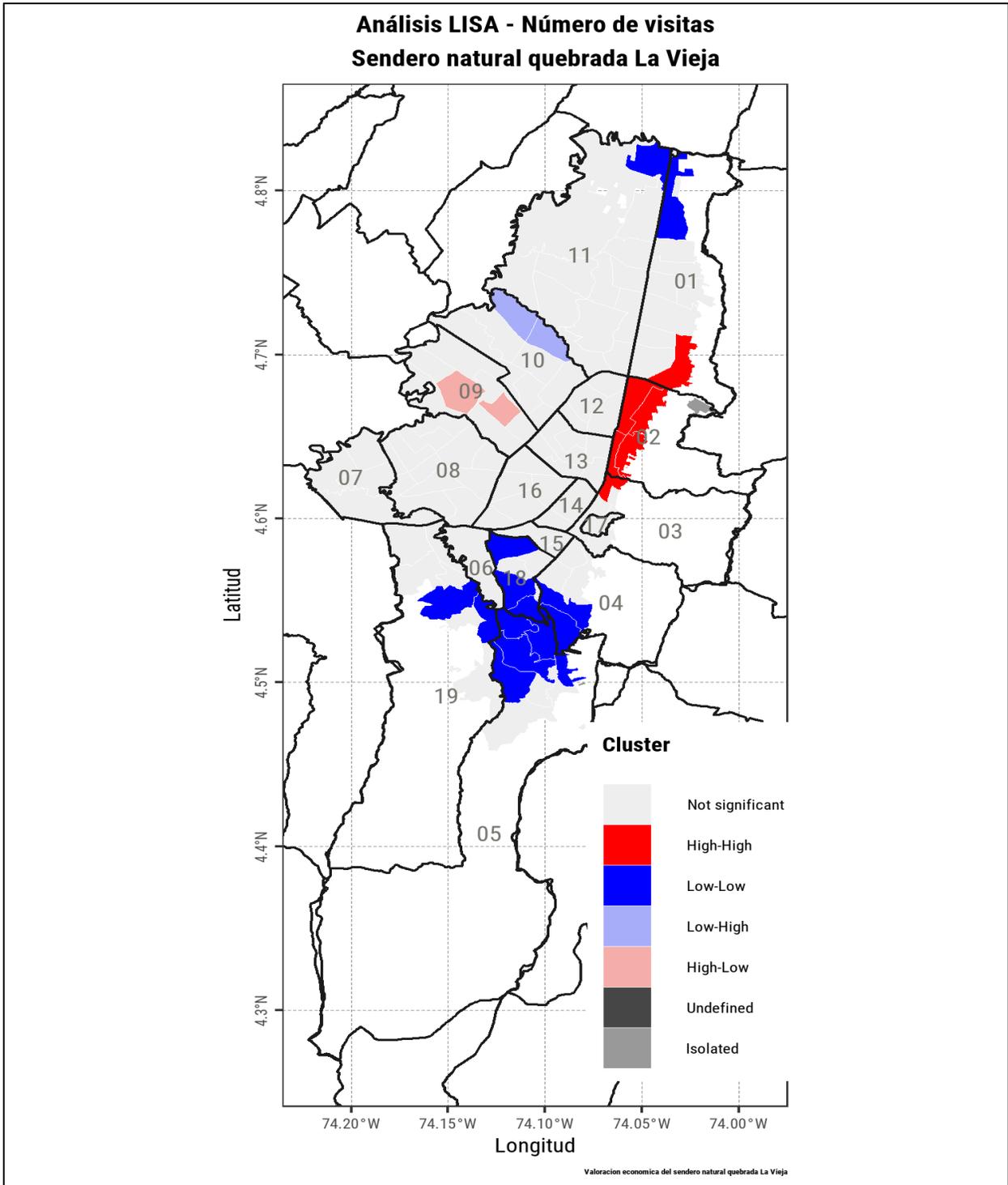
de agrupamiento o clusterización sea el resultado del azar”, por lo tanto rechazamos la hipótesis alternativa.

### **9.3. Índice local de asociación espacial**

Índice utilizado para explicar el nivel de significancia de los agrupamientos espaciales del número de visitas y como cada unidad local espacial o zona se diferencia o asemeja de las unidades espaciales vecinas.

Como resultado se obtiene un mapa generado gracias al software estadístico RStudio, y al uso de la librería RGeoda que es la aplicabilidad de todo el ecosistema de Geoda dentro de Rstudio, un paquete de software gratuito que realiza análisis espaciales, geo visualización, autocorrelación espacial y modelado espacial.

Ilustración 8. Mapa de autocorrelación espacial de las visitas del sendero natural quebrada la vieja



Fuente: Elaboración propia

Según la Ilustración 8 muestra la autocorrelación espacial de los estadísticos locales que han resultado ser estadísticamente significativos, manifestándose en diferentes tonalidades donde se identifica en la localidad número 2 (localidad de chapinero), un tono rojo fuerte, para hacer sobresalir la zona de clúster con una alta demanda de personas que visitan el sendero, caso contrario a la zona norte de la ciudad, donde resalta un color azul oscuro que conforma un Clúster con el menor número de visitas provenientes de las localidades 5,4,19,18,6 (Usme, san Cristóbal, ciudad Bolívar, Rafael Uribe Uribe y Tunjuelito)

## **10. Conclusiones**

La función de demanda recreativa de costo de viaje zonal muestra una relación indirecta entre el costo de viaje y la proporción de visitas por zona concéntrica, es decir que al aumentar los costos disminuyen las visitas hasta ubicarse en la última zona de influencia establecida, en donde los costos son tan altos que las personas no están dispuestas a asumirlos para realizar la visita al Sendero. para la estimación del excedente del consumidor, en base al número de visitantes registrados en un año, para dar respuesta a la pregunta del valor económico de los servicios recreativos del sendero da como resultado un valor aproximado de total de \$188.757.007.

Los modelos econométricos usados fueron el modelo de Poisson y el Binomial Negativa, donde para el modelo de Poisson se realizaron dos regresiones, la primera con todas las variables para hallar la significancia de estas, y el segundo eliminando las variables que no mostraron ninguna significancia. Este modelo se descartó al aplicar el test de dispersión con un resultado de 14.81, concluyendo así la presencia de sobredispersión y cambiando a un modelo Binomial negativa que se ajusta de mejor manera a los datos. Para el modelo de Binomial negativa también se realizaron dos regresiones con las mismas variables iniciales descartando las variables que no mostraron ningún grado de significancia. Por medio del criterio de AKAIKE se seleccionó el mejor modelo con un AIC = 1831,8 en comparación con el obtenido inicialmente de AIC = 4532.5, concluyendo así que la Binomial negativa se ajusta a la distribución de los datos de mejor manera que en Poisson.

Finalmente, para el análisis de autocorrelación espacial, un análisis más profundo que permite ver el comportamiento de las variables espaciales se hizo por medio del índice de Moran para el análisis global y el índice local de asociación espacial (LISA) para un análisis

local, obteniendo para moran, índice calculado gracias al software geográfico ArcGIS, teniendo como resultado que existe menos del 1% de probabilidad que el patrón de agrupamiento o clusterización sea el resultado del azar. Para el análisis LISA obtenido por medio del software estadístico Rstudio un mapa de autocorrelación del número de visitas que denotan gráficamente los clúster, para definir como a una mayor distancia del Sendero, se generan un menor número de visitas y a una menor distancia se genera un mayor número de visitas, concluyendo así la importancia de la significancia de las variables espaciales dentro del modelo.

## 11. Bibliografía

- Acueducto. (22 de Septiembre de 2020). *Sendero Quebrada la Vieja*. Obtenido de Cerros Orientales:  
MfGxg9mQQSamWFtaWuLn2\_gBLs85NxcQGkBDi3pSUNaQTtxi1Z11VRwPsrhc  
97tS3NdbWd9O9UqKEmrA\_4P0oEbncAP4sCbWJ0AzWR9IG9\_9jAkdz7mIcySvb  
C7o3askORczm4G9TdFF7j0NIGnKFsUjwfTC9gvWqGGI
- Arrow, K. (1993). *Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation* . Obtenido de Inter American Development Bank:  
[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5021379/mod\\_resource/content/0/Arow\\_WTP.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5021379/mod_resource/content/0/Arow_WTP.pdf)
- Azqueta, D. (2007). *Introducción a la economía ambiental*. Madrid: Interamericana de España. Obtenido de Interamericana de España .
- Azqueta Oyarzun, D. (1994). *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*. Mc Graw Hill, Madrid.
- Anselin, L., “Geographical Analysis”, vol. 27, Ohio State University Press, 1995.
- Brosa, J. V. (s. f.). *DIAGNÓSTICO DE LA SOBREDISPERSIÓN...* 101.
- Bohórquez, I. A., & Ceballos, H. V. (2008). Algunos conceptos de la econometría espacial y el análisis exploratorio de datos espaciales. *Ecos de Economía: A Latin American journal of applied economics*, 12(27), 9-2.
- Buzai, G. y Baxendale, C., *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*, Buenos Aires, Argentina, 2006.
- Castiblanco, C. (s. f.). *Método de Costo de Viaje*. 65.
- Campos, E. (2022). *Quebrada la Vieja - Inscripciones y Horario en Ingreso 2022*. Obtenido de Senderismo en los Cerros de Bogotá Quebrada la Vieja:  
<https://caminatasecologicasbogota.com/quebrada-la-vieja/>
- de 2022, 16 de Septiembre. (s. f.). *Estos son los senderos ecológicos que podrán disfrutar los bogotanos, con autorización de la CAR*. infobae. Recuperado 10 de noviembre de 2022, de <https://www.infobae.com/america/colombia/2022/09/16/estos-son-los-senderos-ecologicos-que-podran-disfrutar-los-bogotanos-con-autorizacion-de-la-car/>
- EAAB-ESP gerencia corporativa de sistema maestro, dirección de abastecimiento sendero: quebrada la vieja

Fierro, Á. (2018). *EL IMPACTO DEL TURISMO EN EL CASCO VIEJO DE BILBAO MEDIANTE LOS MODELOS ECONOMÍA COLABORATIVA: UNA APROXIMACIÓN A TRAVÉS DE UNA DISTRIBUCIÓN BINOMIAL NEGATIVA*. 27.

FLINT, C., HARROWER M., & EDSALL, R., But How Does Place Matter? Using Bayesian Networks to Explore a Structural Definition of Place. Paper presented at the New Methodologies for the Social Sciences Conference. University of Colorado at Boulder, 2000.

González, M. Á. M. (s. f.). *Econometría Aplicada Utilizando R*. 44.

GOODCHILD, M., A spatial analytical perspective on geographical information systems, *International Journal of Geographical Information Systems*, 1987, 1, 327-334.

Inscripciones Quebrada la Vieja 2022. (s. f.). *Conexión Natural*. Recuperado 10 de noviembre de 2022, de <https://caminatasecologicasbogota.com/quebrada-la-vieja/>

Jordy, C. V. K., & Vicente, V. C. H. (s. f.). *VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PARQUE HUANCAVILCA MEDIANTE EL MÉTODO COSTO DE VIAJE*. 68.

Lizama, G., “Geografía electoral del abstencionismo en los municipios de México (1194-2009)”, *Revista de temas contemporáneos sobre lugares, política y cultura*. México, 2012.

[McCullagh y Nelder, 1989] P. McCullagh y J.A. Nelder, *Generalized Linear Models* London, 1989.

Miotto Gabrielli, J. R., Hernández Santoyo, A., Lacerda Rezende, M., Miotto Gabrielli, J. R., Hernández Santoyo, A., & Lacerda Rezende, M. (2020). Valoración económica ambiental del Parque Zoobotánico de Varginha: Aplicación del Método de Costo de Viaje. *Cooperativismo y Desarrollo*, 8(2), 230-249.

Mompeán, J. M., & González, M. Á. T. (s. f.-a). *TÍTULO: APLICACIÓN DEL MÉTODO DEL COSTE DE VIAJE INDIVIDUAL PARA LA VALORACIÓN RECREACIONAL DEL PARQUE REGIONAL EL VALLE Y CARRASCOY*. 48.

Muñoz, S. M. A. (s. f.). *ECONOMETRÍA ESPACIAL: MÉTODO Y APLICACIONES*. 21.

- Merchán, L. F. (s.f.). *Sendero Quebrada la Vieja*. Obtenido de Bogotá:  
<https://bogotadc.travel/es/atractivo/senderismo/sendero-quebrada-la-vieja-64-240>
- Minambiente. (s.f.). *Guía de aplicación de la valoración económica ambiental*.  
Obtenido de Oficina de negocios verdes y sostenibles:  
[http://www.andi.com.co/Uploads/Gu%C3%ADa%20de%20Aplicaci%C3%B3n%20de%20la%20Valoraci%C3%B3n%20Econ%C3%B3mica%20Ambiental%20\(00000002\).pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/Gu%C3%ADa%20de%20Aplicaci%C3%B3n%20de%20la%20Valoraci%C3%B3n%20Econ%C3%B3mica%20Ambiental%20(00000002).pdf)
- Mitchell, R. C. (1989). *Using Surveys To Value Publics Goods: The Contingent Valuation Method*. Washington: Resources for the Future.
- Tomasini, D. (2000). Valoración económica del ambiente. *Buenos Aires: Departamento de Economía, Desarrollo y Planeamiento Agrícola*.
- Población UPZ Bogotá*. (s. f.). Recuperado 10 de noviembre de 2022, de <https://bogota-laburbano.opendatasoft.com/explore/dataset/poblacion-upz-bogota/?flg=es>
- Vásquez, S. M. (s.f.). *Valoración Contingente. Problemas y Prospectivas*. Obtenido de Universidad Autónoma de Barcelona:  
<https://archivo.alde.es/encuentros.alde.es/anteriores/xeea/trabajos/m/pdf/148.pdf>
- VILALTA y PERDOMO Carlos Javier, Cómo enseñar autocorrelación espacial, *Economía, Sociedad y Territorio*, Volumen v 18, 2005, pp. 323-333.
- WILLIS, K.G. y GARROD, G.D. (1991), “An individual travel-cost method of evaluating forest recreation”, *Journal of Agricultural Economics*, vol. 42, pp. 33-42.