

Aplicación del muestreo sistemático en áreas rurales de poca accesibilidad de la Amazonía ecuatoriana. El uso de la fotografía aérea en el muestreo sistemático

Álvaro Dávila G.*

Resumen

En el desarrollo de este trabajo se ha tratado de explotar la información que sobre el territorio ofrecen las fotografías, presentando una propuesta que toma en cuenta el costo financiero e integra al principio básico del muestreo sistemático, la espacialización a través de ortofotos, como fase previa a la realización de una encuesta socioeconómica en la parroquia amazónica Diez de Agosto, Ecuador. El procedimiento aporta al muestreo sistemático algunas bondades: reemplaza los requerimientos de ordenar y numerar la población objetivo, así como de disponer del trazado físico de todas las unidades de muestreo, en virtud de que integra una representación física georreferenciada del terreno identificada en el mosaico ortofotográfico. Además, la utilización de una grilla cuadrangular de lado igual al salto sistemático, conjuntamente con el ángulo elegido al azar con el que se sobrepone al espacio de la población para elegir sus elementos, le infiere aleatoriedad, asegurando que la muestra sea extendida equitativamente hacia toda la población. El método también evidenció que es factible combinar la situación financiera con la precisión que se puede alcanzar con el muestreo y que favorece la captura de información en un GPS navegador para facilitar el reconocimiento de las unidades espaciales en campo.

Palabras clave: Ortofotos, Muestreo, Espacialización.

The use of aerial photography in systematic sampling

Abstract

In this work, we processed the information offered by the aerial photographs to present a proposal that takes into account the financial cost and integrates the basic principle of systematic sampling, spatialization through orthophotos, as a preliminary step to carry out a socioeconomic survey in the Amazon parish Diez

* Becario, Instituto Geográfico Militar Ecuador, Seniergues y Gral. Telmo Paz y Miño, alvaro.davila@mail.igm.gob.ec

de Agosto, Ecuador. The procedure contributes to the systematic sampling since it replaces the requirements of ordering and numbering the target population, and offers the physical layout of all the sampling units integrating a geo-referenced physical representation of the terrain identified in the orthophotographic mosaic. In addition, the use of a squared grid side equal to the systematic jump, together with the randomly chosen angle which overlaps the space of the population to choose its elements, ensures that the sample is equally spread to the entire population.

The method also showed that it is possible to combine the financial situation with the accuracy achieved through sampling. Besides, it also allows to collect information through a GPS to delimit space units in the field.

Key words: Orthophotos, Sampling, Spatialization.

Introducción

En geografía, es generalizado el requerimiento de trabajar con datos sobre una determinada población para estudiar sus diferentes aspectos en el ámbito social, económico, político, ambiental, etc., cuyos fines son igualmente muy variados y pueden abarcar, por ejemplo, desde la orientación a entender o producir reflexiones sobre un espacio geográfico hasta la planificación y ordenamiento territorial, entre muchas otras aplicaciones. No obstante, en la mayoría de los casos la realización de un censo presenta muchas dificultades en términos de tiempo, recursos humanos, financieros y complejidad en cuanto al tratamiento de los datos obtenidos, por lo que seleccionar, de manera técnica, una muestra de dicha población que permita realizar inferencias sobre dicha población con un error aceptable, se convierte en una solución muy necesaria y que además se presenta viable si se aplican correctamente los referentes teóricos y herramientas disponibles acerca de este tema.

Dentro de la teoría del muestreo existe infinidad de estudios y recursos académicos que exponen detalladamente, sobre el uso, las clasificaciones, los desarrollos, las ventajas y desventajas, etc., del muestreo probabilístico; dentro de ellos, un referente utilizado que significó un buen aporte es el trabajo realizado por Fernández et al. (2001), quienes manifiestan que como restricciones, los diseños sistemáticos no son estimables por lo que no se pueden suministrar estimadores del error del muestreo. Basados en la premisa de que es factible resolver este inconveniente a través de distintas variantes que se pueden realizar sobre el muestreo sistemático, presentan una versión (introduciendo la aplicación de una distribución hipergeométrica) que hace aleatorio el paso sistemático, dando lugar a la obtención de un diseño equivalente al muestreo aleatorio simple y por tanto estimable en términos probabilísticos.

No obstante, en lo que tiene que ver con la espacialización, georreferenciación y uso de las imágenes gráficas, los estudios son escasos, pero se conoce que en 1987 el Instituto de Investigación para el Desarrollo (Francia) utilizó una imagen del satélite SPOT de Quito (Ecuador) para realizar un muestreo sobre dicha ciudad como insumo para la ejecución de una encuesta encaminada a estudiar las migraciones de la población (Dureau, 1992), el cual ha servido como referencia principal para estudiar su aplicación en el área rural considerando la integración de la fotografía aérea rectificadas como insumo fundamental.

El problema

La necesidad de contar con estudios para la planificación del espacio intervenido de la Amazonía ecuatoriana se ha vinculado históricamente a los pocos recursos económicos que disponen los gobiernos municipales para recolectar datos sociales y económicos sobre esta zona, así como a las difíciles condiciones físico-geográficas.

ficas, la débil accesibilidad y la existencia de un cierto grado de exclusión social sobre el territorio, a pesar de que por sus características únicas y por la importancia no solo a nivel nacional sino internacional, desde el año 2008, la región amazónica forma parte de la Circunscripción Territorial Especial Amazónica (CTEA) sobre la base del artículo 250 de la Constitución de 2008, que establece:

El territorio de las provincias amazónicas forma parte de un ecosistema necesario para el equilibrio ambiental del planeta. Este territorio constituirá una circunscripción territorial especial para la que existirá una planificación integral recogida en una ley que incluirá aspectos sociales, económicos, ambientales y culturales, con un ordenamiento territorial que garantice la conservación y protección de sus ecosistemas y el principio del *sumak kawsay* (Buen Vivir).

A fin de dar respuestas a estos planteamientos y considerando que la única fuente de información son los censos de población y vivienda del año 2010 y períodos anteriores que no contienen datos referentes a actividades agropecuarias como producción, áreas cultivadas, comercialización, etc., se plantea el requerimiento de disponer de una metodología de captura de datos estadísticos que resulte económica y de fácil aplicación para esta zona de la Amazonía ecuatoriana. Por ello, el objetivo de este trabajo es proponer la aplicabilidad de un muestreo probabilístico cuya funcionalidad principal se encamine a determinar qué parte y qué elementos de la población o universo deben extraerse con el fin de inferir informaciones sobre ella en un área de la región amazónica ecuatoriana, correspondiente a la parroquia rural Diez de Agosto.

Área de estudio

La estructuración del espacio geográfico de la Amazonía ecuatoriana es el resultado principalmente de los movimientos poblacionales; migración que ha tenido graves implicaciones ambientales, sobre todo a lo largo de una franja de dirección meridiana, situada al pie oriental de la cordillera de los Andes, que va desde Nueva Loja, al Norte, hasta Zamora al Sur, con un área intervenida de aproximadamente 13.000 km², que representa el 11 % del área total de toda la región amazónica ecuatoriana. Se estima que el 70 % de esta población que actualmente sobrepasa los 700.000 habitantes es colona, proveniente principalmente de las provincias de Loja, Bolívar, Pichincha, Tungurahua y Chimborazo, como resultado de las migraciones para suplir la necesidad de contar con mano de obra que requerían las actividades petrolera y minera que tuvieron mayor influencia entre los años 1962-1974 y, principalmente, de la planificación del fomento agropecuario a través de la colonización dirigida que asignó terrenos de 50 hectáreas a cada jefe de familia bajo el requisito único de preparar la tierra para actividades agrícolas y/o

pecuarias, sin considerar que la escasa fertilidad del suelo arcilloso, las excesivas precipitaciones, conjuntamente con la vocación forestal de la Amazonía, constituyen factores muy desfavorables para estas actividades.

En el aspecto climático, Pourrut et al. (1995) clasifican la Amazonía como un área de clima uniforme megatérmico muy húmedo, con temperaturas máximas que alcanzan los 31 °C y mínimas de 8,6 °C, precipitaciones de los 4000 a más de 5000 mm anuales, teniendo una humedad atmosférica promedio anual del 90 % con un cielo que frecuentemente se encuentra nublado.

De acuerdo con Mejía (1997), los suelos predominantes pueden calificarse como francos y arcillosos, ácidos, con material alofánico, toxicidad de aluminio, alta fijación de fósforo por hierro y deficiencia en potasio. Se trata, además, de suelos catalogados como poco profundos y mal drenados, características que le infieren al suelo escasa fertilidad para actividades agrícolas, por lo que para obtener algún producto, los agricultores tienen que invertir importantes recursos financieros para la adquisición de fertilizantes.

Dentro de este ámbito regional rural, conformado por 198 parroquias de similares características geográficas entre ellas, tanto en los ámbitos físicos como sociales, se encuentra el área que se ha tomado para el presente estudio. Específicamente, se sitúa en el cantón Pastaza, en la zona intervenida que conforma el área de la parroquia rural Diez de Agosto (Fig. 1).

Geomorfológicamente, ocupa el área de un gran cono de esparcimiento, se caracteriza por tener relieves bajos, colinados, con pendientes promedio del orden del 12 %, importante presencia de pastos como cubierta vegetal y alta biodiversidad. Particularmente, las zonas planas en combinación con el tipo de suelo (alto contenido de arcillas) y la alta pluviosidad son susceptibles a inundaciones permanentes por lo que las actividades agropecuarias se realizan sobre las vertientes.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010), en lo que tiene que ver con la ocupación, entre las categorías más importantes se encuentra que el 67 % son trabajadores por cuenta propia, el 15 % son jornaleros y un 13 % son empleados y obreros dentro de una economía basada en la actividad pecuaria que constituye la base del ingreso. En cuanto a la pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI), el promedio es del 94 %; es decir que sus viviendas tienen características físicas y servicios inadecuados, con un estado de hacinamiento crítico (3 o más personas por dormitorio), los hogares tienen una dependencia económica del jefe/a de familia que ha aprobado, como máximo, dos años de educación básica, etc.. La pobreza crítica por NBI es del 42 %.

Consecuentemente, en correlación con estos indicadores, la ocupación de esta zona ha ocurrido, en muchos casos, en forma espontánea y desordenada, provo-

ejemplo, Lagares et al. (2001) realizan una exposición del tema precisando su estudio en el muestreo sistemático; Tamayo (2001) y Veliz et al. (2009) analizan las conveniencias y problemas de la aplicación de cada uno de los tipos de muestreo, mientras que el aporte del trabajo de Otzen et al. (2017), es sintetizar en un cuadro el resumen de las características, ventajas y desventajas como resultado de su aplicación. Sobre la base de estas informaciones, se elaboró el cuadro que se presenta a continuación (Tabla I).

Método	Características	Requerimientos	Restricciones
Simple	Probabilidad igual que cada uno de los elementos de una población sea elegido (mediante ánforas, programas informáticos, etc.).	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de todos los elementos de la población. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades cuando la población es muy grande debido a que la lista puede no estar disponible.
Sistemático	Es una variación del muestreo aleatorio simple. Se elige únicamente un elemento al azar, a partir del cual se aplica una regla constante para escoger los demás elementos de la muestra.	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de todos los elementos de la población. • Definir el salto sistemático. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades cuando la población es muy grande debido a que la lista puede no estar disponible. • No es completamente aleatorio.
Estratificado	Clasifica a la población en varios estratos homogéneos, dentro de los cuales se aplica un muestreo aleatorio simple.	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de todos los elementos de la población de cada estrato. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificultades cuando la población de cada estrato es muy grande debido a que la lista puede no estar disponible.

Tabla I. Resumen de los métodos probabilísticos de muestreo.

Fuente: elaborado por Dávila sobre la base de revisión bibliográfica sobre métodos de muestreo.

El más comúnmente utilizado y recomendado por varios autores es el muestreo aleatorio simple, del que se derivan los otros dos métodos; no obstante, considerando el contenido de la tabla I, el requerimiento de definir el “salto sistemático” que consiste en tomar, a través de una regla determinística o sistemática, un intervalo uniforme que se mide respecto de tiempo, orden o espacio (Cantoni, 2009),

como se indica en el gráfico (Fig. 2), en el que los elementos de la muestra están representados por X_{12} , X_{14} , X_{21} , X_{23} , X_{25} , X_{32} y X_{34} , determinó la elección del método aleatorio sistemático porque de acuerdo con la definición es factible la integración de su espacialización.

En efecto, si se considera que una ortofoto es una imagen georreferenciada y escalada de la realidad en la que las fincas (unidades muestrales) se encuentran dispuestas en el terreno conformando un área mayor y guardando relaciones de distancias medibles entre sí, en este contexto lo que se plantea es extraer el criterio principal del muestreo sistemático para que en función del tamaño de la muestra y el área de la población (parroquia Diez de Agosto), sea posible determinar la amplitud del salto sistemático y construir una cuadrícula sobre la base de esta longitud.

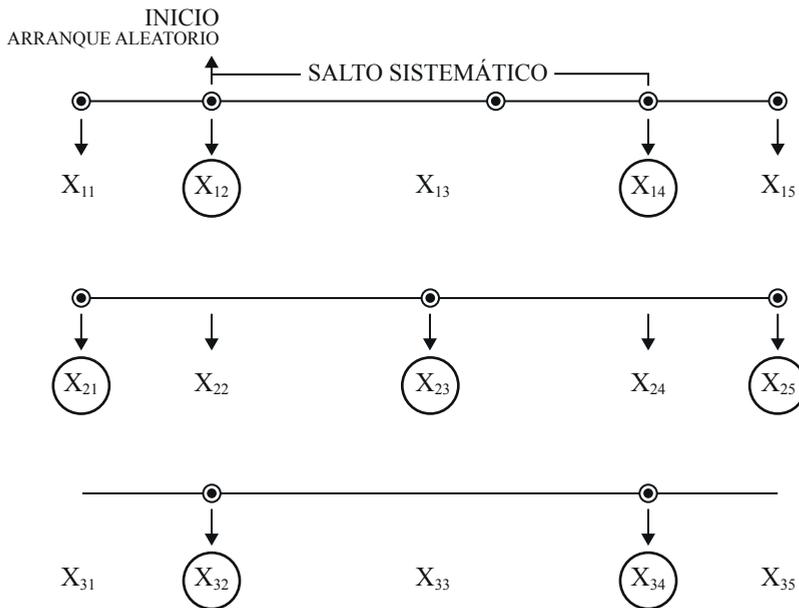


Figura 2. Esquema del muestreo aleatorio sistemático.
Fuente: elaborado por Dávila.

Otra de las restricciones del método es que a criterio unánime de los autores el muestreo sistemático no es aleatorio, excepto el elemento inicial que se fija al azar, a partir del cual se aplica la regla de progresión para obtener toda la muestra, pues se considera que de esta manera determinística los demás elementos no tienen la probabilidad de ser elegidos por igual. Al respecto, la propuesta que se plantea ayuda a resolver este problema, ya que el papel de la cuadrícula —al sobreponerse aleatoriamente sobre el espacio poblacional, eligiendo para ello siempre un ángulo

diferente de cero— no da lugar a que exista la fijación de un elemento que sea tomado como punto de partida (puede ser cualquier elemento de la población). Consecuentemente, todas las unidades muestrales tienen iguales posibilidades de ser escogidas. En otras palabras, con el procedimiento lo que se ha conseguido es que el salto sistemático sea aleatorio y por lo tanto se puedan aplicar todos los cálculos desarrollados para los muestreos equiprobables.

Finalmente, como solución a las restricciones impuestas por las dificultades que pueden presentarse cuando la población es muy grande debido a que la lista puede no estar disponible, se tiene que las poblaciones que conforman el espacio rural de la Amazonía son finitas y no sobrepasan más allá de las 2000 fincas agropecuarias.

Una vez definido el muestreo a utilizar, para su aplicación, se consideraron cuatro fuentes de información:

Fotografías aéreas. La información en soporte magnético proviene de un proyecto a nivel nacional, sin costo para el usuario y tiene las siguientes características:

- *Resolución espectral de las imágenes.* Tres niveles RGB, pancromático e infrarrojo color.
- *Formato de datos de la imagen.* Imagen cruda, vistas rápidas en .JPG para los niveles RGB, pancromático e infrarrojo color y procesadas en formato .TIFF en los cuatro canales.
- *Resolución espacial.* Alrededor de 40 cm, con la que se puede obtener ortofotos con las especificaciones de la escala 1:5000.
- *Resolución radiométrica.* De 16 bits.
- *Formato.* Las imágenes definitivas se encuentran en formato .TIFF con las cuatro bandas.
- *Cobertura de nubes.* No contienen más del 10 % de porcentaje de nubes para el área total de la fotografía.

Actualmente, las fotografías son tratadas, mediante un proceso de corrección digital, para obtener ortofotos que son el producto cartográfico mayormente utilizado porque contienen el detalle de una fotografía aérea y las propiedades geométricas de un mapa. Esta información ha sido utilizada para estudiar brevemente la geografía del lugar, así como también como soporte base de referencia para editar los polígonos de las fincas y principalmente para espacializar los sitios donde serán tomadas las encuestas.

Campañas de campo. Se realizó una campaña durante dos días cuya finalidad fue, además de comprobar el formulario de preguntas, determinar el tiempo promedio que se requiere para ejecutar una encuesta.

Información gráfica de los terrenos. Conciernen a los planos impresos en papel que contienen la delimitación de las fincas agropecuarias. Se utilizaron las informaciones del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010), de la Subsecretaría de Tierras y Reforma Agraria (1964-1994) y esencialmente del Departamento de Avalúos y Catastros del Gobierno Municipal de Pastaza (1963-1964). Existen zonas que no están cubiertas por esta cartografía y la mayor parte son gráficos sin georreferenciación como se indica en el gráfico (Fig. 3).



Figura 3. Mosaico de delimitación de fincas agropecuarias.
Fuente: compilado por Dávila sobre la base de información histórica generada por varias instituciones.

No obstante, se logró armar un mosaico digital utilizando exhaustivamente toda la información disponible. Para ello, se realizó el escaneo de los planos disponibles de las fincas antes de su digitalización en pantalla y vectorización. Posteriormente, esta información fue georreferenciada y editada tomando como base las fotografías rectificadas. Dentro del proceso, no constituye una restricción la falta de esta información, pues el uso de las ortofotografías permite tener el área georreferenciada y por tanto coordenadas de todos los predios que con la ayuda de un GPS pueden identificarse claramente en las campañas de campo.

Información de publicaciones. Está constituida por investigaciones, datos y algoritmos de cálculo realizados por investigadores y organismos científicos que se encuentran en las publicaciones citadas.

Para el cálculo estadístico, se utilizaron las siguientes relaciones correspondientes a un muestreo aleatorio, según Cantoni (2009):

$$n = (NZ^2 * p * q) / ((N-1) * e^2 + Z^2 * p * q) \quad (1)$$

donde:

n = tamaño de la muestra (en este caso, número de viviendas a encuestar).

Z = nivel de confianza (se encuentra tabulada).

p = probabilidad de ocurrencia en la población de las características del estudio.

q = probabilidad de no ocurrencia en la población de las características del estudio = 1 - p.

N = tamaño de la población (en este caso, número total de viviendas).

e = error de estimación; es decir, la diferencia entre el resultado que obtendríamos entre los datos o medidas de la muestra y los datos o medidas de la población.

Para evaluar el resultado, se utilizó la siguiente relación:

$$\bar{X} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} Z < \mu < \bar{X} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} Z \quad (2)$$

donde:

μ = valor medio de la variable de la población.

\bar{X} = valor medio de la variable de la muestra.

σ = desviación estándar de la variable de la muestra.

Z = 1,64 (para un nivel de confianza del 90 %).

n = número de la muestra.

Además, en la parte de captura de información georreferenciada, se utilizó el software ArcGis para la elaboración gráfica, herramienta en la que posteriormente también se construirá la base de datos y la generación de cartografía temática para el análisis del territorio.

Resultados

En función de los objetivos, la información y las herramientas que se dispusieron se fueron estudiando y cumpliendo las diferentes actividades para el efecto.

Características del muestreo

El interés de estudiar los aspectos sociales y económicos de la parroquia Diez de Agosto, ubicada en la Amazonía ecuatoriana, requirió la captura de datos a través de únicamente una parte de su población, mediante un muestreo que debe ser de tipo probabilístico, a fin de poder generalizar la información a toda la población. Para el efecto se cumplieron entonces las siguientes etapas:

Definición del marco muestral

Operativamente, se consideraron tres niveles espaciales:

El primer nivel es la parroquia, que está constituida por la unidad geopolítica, definida por el espacio rural continuo y fue obtenida mediante trazado en el mosaico de las ortofotos. La estratificación de este nivel del marco muestral no fue posible en razón de que el espacio rural sobre el que se distribuyen las fincas agropecuarias presenta físicamente una marcada homogenización en lo que tiene que ver con la cobertura y uso del suelo así como en la distribución de las viviendas.

El segundo nivel está constituido por las fincas agropecuarias que se encuentran dentro del espacio rural y que constituyen las unidades de muestreo. Esta información se realizó sobre la base de algunos documentos recogidos en algunas instituciones públicas, principalmente en el gobierno municipal del cantón al que corresponde la parroquia Diez de Agosto.

El tercer nivel está conformado por las unidades estadísticas que, en este caso, son las viviendas que se encuentran dentro de las unidades de muestreo que constituyen específicamente las unidades en donde se tomaron los datos.

Determinación del tamaño de la muestra

Para definir el tamaño de la muestra con un nivel de confianza útil para esta investigación se ha considerado una escala de 1:25.000 y que la distribución de los datos sigue una curva normal (consecuentemente, entonces, el comportamiento de la población de la muestra es similar al comportamiento de la población total); es decir, es unimodal, en donde coinciden las medidas de tendencia central como la moda, la media aritmética y la mediana. Es necesario aclarar que esta consideración constituye una aproximación, no solamente en geografía, sino también, en general, en todas las ciencias sociales (matemáticamente es lo que se conoce como teorema del límite central). No obstante, ayuda a simplificar muchos problemas como en el presente caso, reduciendo significativamente el número de datos que debemos relevar en campo. Para tal efecto, se consideró por un lado el aspecto

financiero y por otro el cálculo estadístico para finalmente cotejar estos valores y tomar una decisión de la viabilidad de realizar la captura de información en función de la bondad que se puede alcanzar con los recursos económicos disponibles.

Financieramente, el presupuesto asignado para la ejecución de las encuestas es de 1800 dólares, cifra que cubre los gastos de alimentación del personal (subsistencia) y logística (dos técnicos, un conductor y un vehículo 4WD). De acuerdo con datos obtenidos directamente en campo, mediante un sondeo de prueba, el número de fincas que se alcanzan a encuestar por el grupo es de seis en el día; es decir, un tiempo de 1,3 horas por cada encuesta. Este tiempo incluye, además de la propia encuesta: traslados en vehículo, esperas, caminatas y preguntas adicionales que siempre son necesarias para tratar de comprobar las aseveraciones del entrevistado.

Sobre la base de estos tiempos y con los recursos económicos disponibles, el tiempo planificado para la encuesta fue de 10 días, es decir 80 horas. De lo anterior se deduce que el número de encuestas que se pueden alcanzar, con dichos recursos, es de $80/1,3 = 62$ encuestas.

Enmarcados dentro de este valor, el siguiente paso fue estimar el nivel de confianza que se podría alcanzar con un error aceptable que estadísticamente tendría esta muestra respecto de la población total. Para cumplir con este requerimiento se utilizó la fórmula general que se aplica cuando se conoce el valor de la población total o universo. Para aplicar la fórmula indicada (Ec. 1), se identifican los siguientes datos:

En primera instancia se estableció un error aceptable del 10 % y un nivel de confianza definido por el 90 % de certeza, que de acuerdo con las tablas de apoyo al cálculo del tamaño de una muestra por niveles de confianza es correspondiente con los siguientes valores de $Z = 1,65$; $Z^2 = 2,72$; $e = 0,1$; $e^2 = 0,01$; $N =$ número de viviendas. Datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de actualización 2015, sin considerar el área consolidada de la cabecera parroquial, arroja para el resto el dato de 249 viviendas y 1113 habitantes.

Se conoce además que, en general, dentro de la parroquia, las fincas son bastante homogéneas por lo que no es factible su estratificación. No obstante, consideramos siempre que el número de encuestas debe ser máximo; esto sucede cuando el producto $p \cdot q$ es máximo; es decir, se toma una probabilidad de ocurrencia en la población de las características del estudio del 50 %; entonces $p = 0,5$ y consecuentemente $q = 0,5$.

Con estas consideraciones, se reemplazaron los valores en la fórmula indicada en Ec. 1, obteniendo para el caso del área de estudio $n = 54$ encuestas.

En conclusión, se puede afirmar que con el presupuesto asignado el número de encuestas que se pueden ejecutar, con un error del 10 %, se cubre con suficiencia un nivel de confianza del 90 %. Para alcanzar un nivel del 95 %, el cálculo arrojó el valor de 70 encuestas, valor que está por encima de lo que se puede cubrir con los recursos económicos disponibles. Finalmente, se consideró tomar 58 encuestas, que es el promedio entre el valor calculado estadísticamente y el considerado por el presupuesto.

La determinación de las unidades de muestreo

El método consiste en un muestreo aleatorio sistemático, en el que se trabajó para inferir aleatoriedad al salto sistemático, cuyo proceso se explica en el apartado correspondiente a materiales y métodos. En el presente caso, existe únicamente una vivienda por cada finca agropecuaria; consecuentemente, el número de unidades de muestreo coincide con el número de unidades estadísticas.

La espacialización de la encuesta

Para espacializar los lugares en donde se debe tomar la encuesta, se hizo un proceso digital. Esta cuadrícula puede crearse en cualquier sistema informático que disponga de un graficador. En el presente caso, se realizó en el software ArcGis mediante el comando que permite crear cuadrículas lineales y poligonales.

Para tal efecto, se trazó el límite de la parroquia sobre las ortofotos y se midió su área, obteniendo el valor de 93,17 km². Si esta cantidad se divide para la muestra que es 58, entonces se tiene la superficie de cada encuesta en el terreno que corresponde a una cantidad de 1,61 km². Finalmente, asumimos este valor como el área de un cuadrado y al extraer su raíz cuadrada obtenemos 1,27 km, que es el salto sistemático y representa el lado de cada celda de la malla que se genera en el programa, como se indica en la figura 4a.

El siguiente paso es sobreponer aleatoriamente (con cualquier ángulo de rotación, procurando que nunca sea 0°) la cuadrícula generada sobre el gráfico de la parroquia, aunque este paso puede obviarse, solamente se lo expone como ilustración (Fig. 4b).

A continuación, se sobreponen todas las capas de información y, con los respectivos comandos del programa, se grafican automáticamente los vértices que corresponden a los puntos de las encuestas, definidas por coordenadas planas X e Y (Fig. 5).

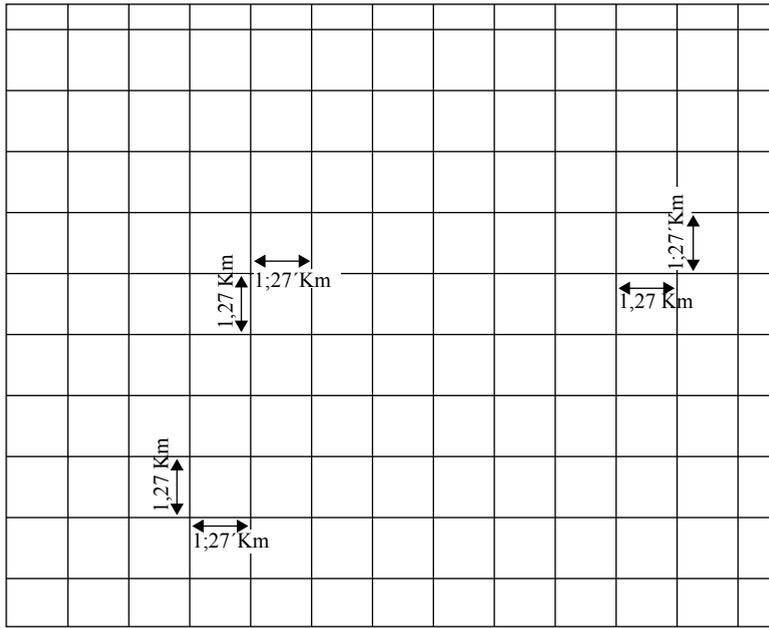


Figura 4a. Malla cuadrangular para espacialización de las encuestas.
Fuente: elaborado por Dávila.

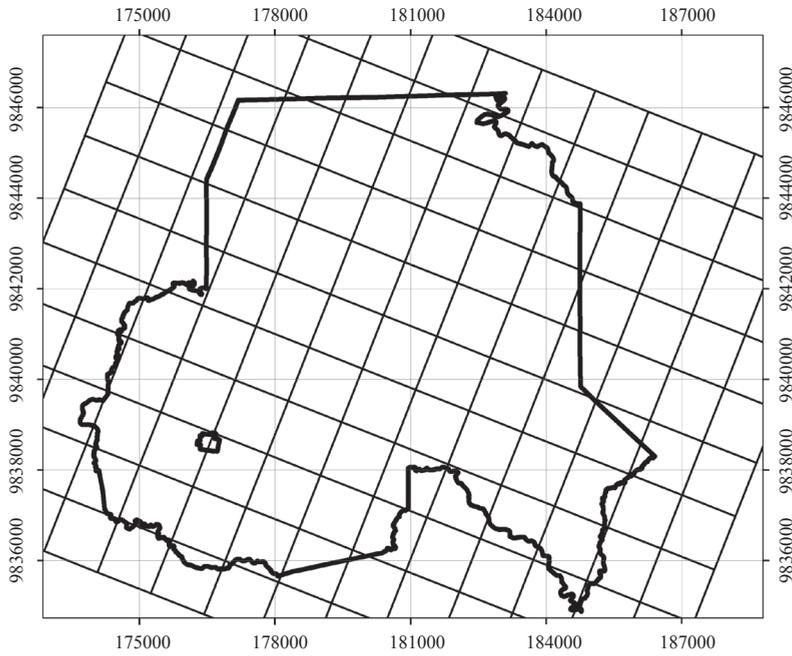


Figura 4b. Malla cuadrangular sobrepuesta aleatoriamente sobre el área de estudio.
Fuente: elaborado por Dávila.

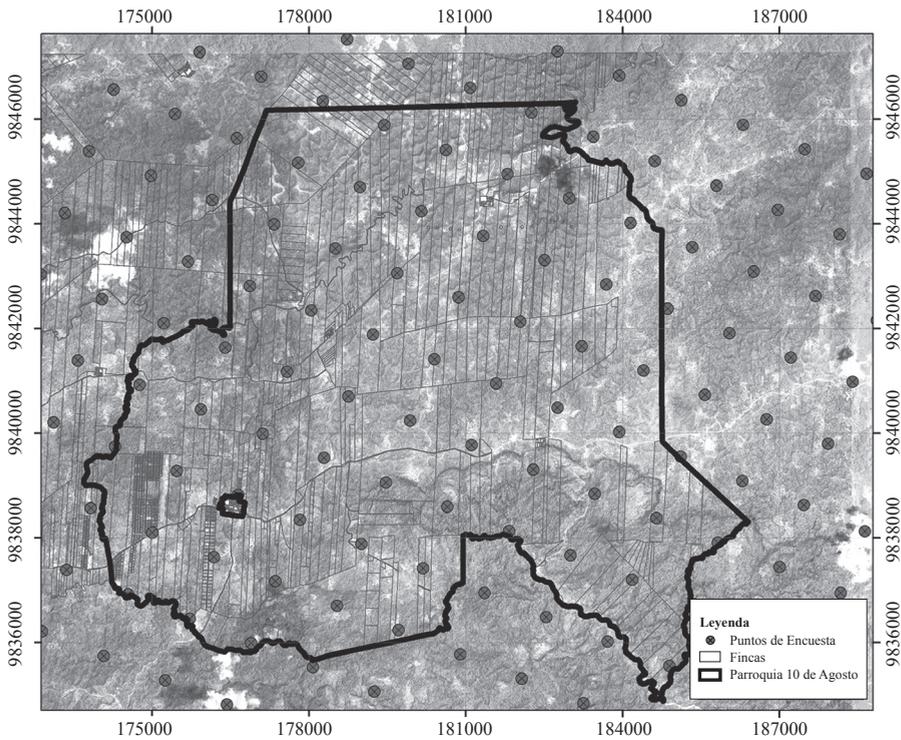


Figura 5. Espacialización de las encuestas.

Fuente: ortofotos IGM 2011-2015

En la práctica existe la posibilidad de que se presenten casos en los que las fincas pueden estar deshabitadas, abandonadas temporalmente, etc. En estas situaciones, se debe considerar una regla única para tomar la siguiente área, eligiendo en orden de prioridad desde el Norte y en sentido horario hasta localizar una finca de la cual se puedan obtener los datos. Finalmente, como todos los puntos se encuentran georreferenciados por la ortofoto, se los puede grabar en un GPS navegador para facilitar al encuestador la ubicación de las fincas directamente en campo.

La organización de la información

En general, se entiende que una base de datos es un sistema con datos espaciales (referenciados geográficamente) y no espaciales (atributos) que incluyen también las relaciones entre objetos que permiten el análisis espacial. Se trata de una estructura de almacenamiento que se utiliza para la edición y administración de datos. La finalidad principal es la de almacenar la información de una forma ordenada, por su tipología y por la temática que alberga. Esto es fundamental, pues los Sistemas de Información Geográfica manejan gran cantidad de información y

generan, a su vez, mucha más información resultado de los geoprocesos y análisis que se van efectuando (ESRI, 2008/2009).

La información recolectada sobre las fincas fue organizada en cuatro subcategorías: datos personales, aspectos sociales, aspectos económicos y producción, y campo de organización comunitaria. Estas subcategorías originan 16 objetos de tipo punto con sus respectivos atributos, como se indica en la figura 6.

Evaluación

Para la evaluación, se ha propuesto estimar el intervalo en el que se encontraría el valor del promedio de la población, a partir de los datos de la muestra, con un nivel de confianza establecido del 90 %. De la base de datos, se obtiene que el promedio de personas por vivienda es de 4,56 con una desviación estándar de 2,58 para la muestra que consiste en 58 viviendas encuestadas. El valor de la misma variable de la población total, con un 90 % de certeza se encuentra en el intervalo calculado aplicando el algoritmo de la Ec. (2):

$$4,56 - 2,58 * 1,64 / \sqrt{58} < \mu < 4,56 + 2,58 * 1,64 / \sqrt{58}$$

$$4,0 < \mu < 5,12$$

Se concluye entonces que con un 90 % de certeza se puede afirmar que el número de habitantes por vivienda de la población total está entre el intervalo de 4 a 5,12. A partir de datos actualizados (para el año 2015) del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, se tiene que el número de habitantes por vivienda es de 4,47, valor que se encuentra dentro del intervalo estimado. Además, la diferencia entre el resultado de la muestra y de la población total es de 0,09 que da un error (respecto de población total) del 2 %, que está dentro del margen de error aceptable.

Conclusiones

El estudio ha permitido disponer de un método de muestreo rápido tanto en gabinete como en campo para capturar información actualizada y localizada de temas poco estudiados en el ámbito de lo social y económico del área rural de la Amazonía ecuatoriana, tales como ingresos de la población, áreas cultivadas, problemas ligados a la geografía física, entre otros.

El método que se propone evidencia que es factible combinar la situación financiera con la precisión que se puede alcanzar con el sondeo. A esta situación se añade que al utilizar las fotografías rectificadas se introduce el conocimiento de otras variables de la geografía física (uso del suelo, vegetación, relieve, etc.) y

de los accidentes culturales (construcciones, vialidad, etc.), a través de la fotointerpretación visual, que se involucran directamente dentro del estudio como por ejemplo estudiar la factibilidad de la estratificación del muestreo.

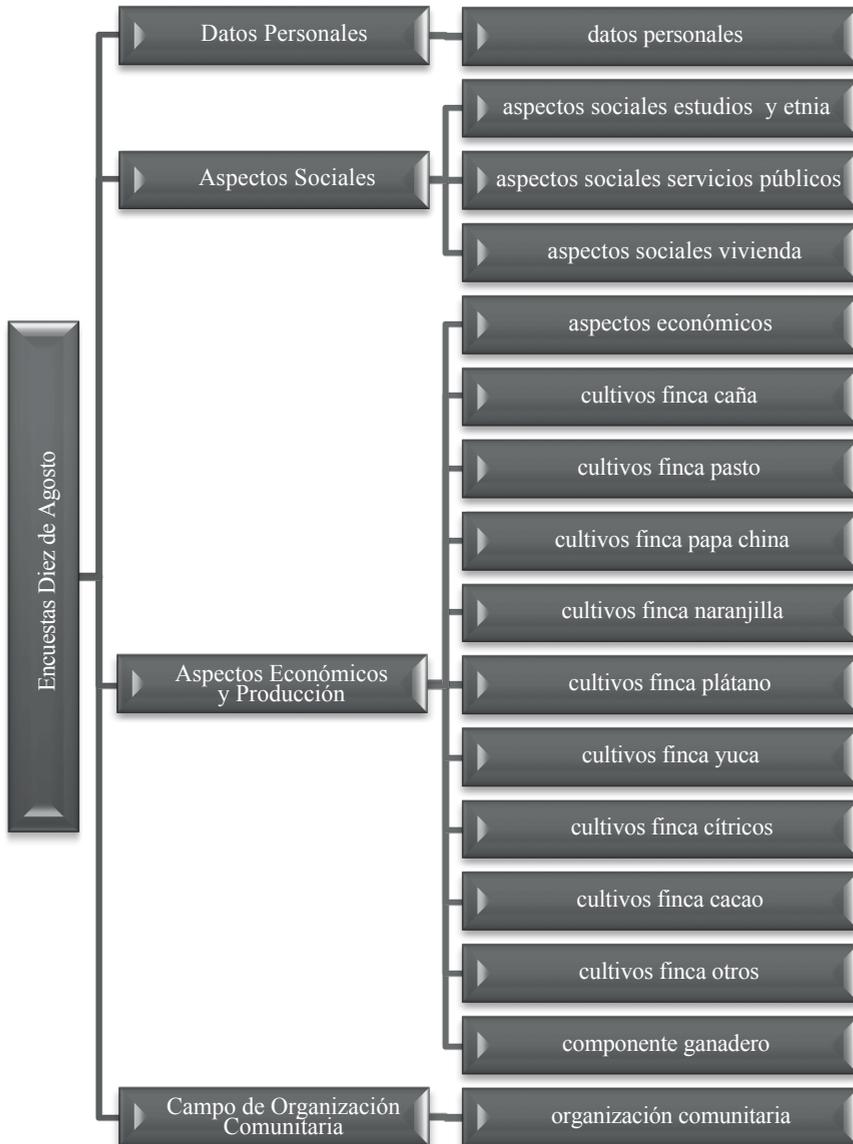


Figura 6. Estructura de la base de datos de las encuestas.

Fuente: elaborado por Dávila.

En cuanto a la bondad de los resultados, se puede afirmar que se cumple con un buen grado de aceptación. Para su verificación se dispone de información actualizada al 2015, dentro de la que la variable común es el promedio de personas por vivienda: mientras que en la población total el promedio es de 4,47, en la muestra es de 4,59, lo que da un error del 3 % que está dentro del margen del 10 % adoptado.

Parte importante de esta propuesta es introducir una variante sobre la manera de determinar y aplicar el salto sistemático, de tal manera que se infiere aleatoriedad al muestreo sistemático a través de la utilización de fotografías aéreas rectificadas y de una malla cuadrangular que puede sobreponerse aleatoriamente al espacio de la población. Además, gráficamente se puede constatar que la selección de los puntos abarca todo el territorio, asegurando una buena cobertura del muestreo sobre el territorio.

Finalmente, en virtud del acceso gratuito a las ortofotos de toda la región amazónica, esta propuesta técnica de muestreo para capturar información estadística puede ser aplicada sin dificultad en las demás parroquias constitutivas de la región amazónica ecuatoriana, que se cuentan en un número de 198, y además en otros espacios rurales.

Referencias

Cantoni, R. M. (2009). Muestreo y determinación del tamaño de la muestra de investigación cuantitativa. *Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales*, 7(2). Recuperado de http://www.sai.com.ar/metodologia/rahycs/rahycs_v7_n2_06.htm

Dureau, F. (1992). *El método de muestreo de áreas con base en imágenes de satélite*. Bogotá: CEDE.

ESRI (2008/2009). *The Geodatabase: Modeling and Managing Spatial Data*. Recuperado del sitio de Internet del Environmental Systems Research Institute (ESRI): <http://www.esri.com/news/arcnews/winter0809articles/the-geodatabase.html>

Fernández, C. A., Salamanca, B. M. & López, F. B. (2001). Aplicación del muestreo sistemático en el diseño de encuestas. *Metodología de encuestas*, 3(1), 65-73. Recuperado de <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/42232>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010). *VII censo de población y VI de vivienda*. Quito, Ecuador.

Lagares, P. & Puerto, J. (2001). *Población y muestra. Técnicas de muestreo*. Comunidad Europea: Management Mathematics for European Schools.

Recuperado de: <https://www.scribd.com/document/269233971/Lectura5-Poblacion-y-Muestra-Tecnicas-de-Muestreo>

Mejía, L. (1997). *Mapa General de la Clasificación de los Suelos del Ecuador por Capacidad-Fertilidad*. Quito: Instituto Geográfico Militar.

Otzen, T. & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudiar. *International Journal of Morphology*, 35(1). doi: 10.4067/S0717-95022017000100037

Pourrut, P. (Ed.) (1995). El agua en el Ecuador: clima, precipitaciones, escorrentía. Quito: ORSTOM, Colegio de Geógrafos del Ecuador, Corporación Editora Nacional. Recuperado de: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010014823.pdf

Tamayo, G. (2001). Diseños muestrales en la investigación. *Semestre Económico*, 4(7). Recuperado de: <http://revistas.udem.edu.co/index.php/economico/article/view/1410/1467>

Veliz V. & Arredondo, P. (2009). *Aspectos teóricos sobre los tipos de muestreos* (Tesis de licenciatura). Departamento de Contaduría, Escuela de Administración, Universidad de Oriente-Venezuela. Recuperado de: http://ri2.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2657/2/TESIS_MVyJA--%5B00550%5D--%28tc%29.pdf

Fecha de recepción: 12 de junio de 2017

Fecha de aceptación: 6 de noviembre de 2017

© 2018 por los autores; licencia otorgada a la Revista Universitaria de Geografía. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-NoComercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/deed.es_AR