

El papel de las Series Temporales y los Modelos Autoregresivos (ARIMA) para la vigilancia sindrómica en la Sanidad Agropecuaria

The paper of the Temporary Series and the Model Autoregresivos (ARIMA) for the surveillance sindrómica in the Agricultural Sanity

M.V.Z Jany del Pozo Fernández¹, Dra.C Lucía Fernández Chuairey²

Dr. MV Pastor Alfonso Zamora³

1. Doctora en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Profesora Departamento de Prevención, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Agraria de la Habana: Fructuoso Rodríguez Pérez, Cuba. Carretera Tapaste, Km 22 ½, San José de las Lajas, Mayabeque.
2. Doctora en Ciencias, Profesor Titular del Departamento de Matemática-Física, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad Agraria de la Habana: Fructuoso Rodríguez Pérez, Cuba, Carretera Tapaste, Km 22 ½, San José de las Lajas, Mayabeque.
3. Doctor en Ciencia, Jefe del Departamento de Clínica, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Carretera Tapaste, Km 22 ½, San José de las Lajas, Mayabeque.

Autores para correspondencia: jany92@unah.edu.cu; lucia@unah.edu.cu, pastoralfonso@censa.edu.cu

Resumen

A nivel internacional se eleva el desarrollo alcanzado en la aplicación de nuevos procedimientos para la vigilancia en la salud, los cuales están basados en teorías Matemáticas para la detención de señales anormales y toma oportuna de decisiones para evitar peores consecuencias. El objetivo del presente trabajo es mostrar criterios y valoraciones sobre el empleo de Series temporales: modelos autoregresivos (ARIMA) como una nueva forma de vigilancia sindrómica en investigaciones asociadas a la Sanidad Agropecuaria. Se abordan fundamentos teóricos de las Series temporales y el desarrollo progresivo alcanzado con el

empleo de modelos autoregresivos (ARIMA), se incluye la metodología de Box y Jenkins. De igual forma se abordan definiciones sobre la vigilancia sindrómica y tipos más frecuentes. Se hace énfasis en la aplicación de la Vigilancia sindrómica con el uso de series temporales: modelos autoregresivos (ARIMA) para la detección de señales anormales y determinar el momento óptimo para activar una alarma en los sistemas de vigilancia. A través de los criterios y valoraciones realizadas se evidencian que estos procedimientos estadísticos, constituyen herramientas útiles en investigaciones agrarias y en particular a las Ciencias Veterinarias asociadas a la detección temprana de patrones anormales en la producción.

Palabras clave: Series temporales, Vigilancia Sindrómica, Modelos Autorregresivos

Abstract:

At an international level, the development reached in the application of new procedures for health surveillance is increasing, which are based on Mathematical theories for the arrest of abnormal signals and timely decision making to avoid worse consequences. The objective of this paper is to show criteria and assessments on the use of time series: autoregressive models (ARIMA) as a new form of syndromic surveillance in research associated with Agricultural Health. Theoretical foundations of the Temporary Series and the progressive development reached with the use of autoregressive models (ARIMA) are addressed, the Box and Jenkins methodology is included. Likewise, definitions of syndromic surveillance and more frequent types are addressed. Emphasis is placed on the application of Syndromic Surveillance with the use of time series: autoregressive models (ARIMA) for the arrest of abnormal signals and to determine the optimal moment to activate an alarm in surveillance systems. Through the criteria and assessments made it is evident that these statistical procedures are useful tools in agricultural research and in particular to Veterinary Sciences associated with the early detection of abnormal patterns in production.

Keyword: Time Series, Syndromic Surveillance, Autoregressive Models

Recibido: 26 de mayo de 2019.

Aprobado: 26 de junio de 2019.

Introducción

La Estadística es una de las ramas de la Matemática de mayor universalidad, ya que en su devenir histórico muchos de sus métodos se han desarrollado para resolver situaciones específicas en diferentes esferas del conocimiento y la ciencia (Herrera, 2013).

Morante (2018) señala que la Estadística es el nexo común que presentan la mayoría de las investigaciones científicas en las que interviene el tratamiento de datos y la interpretación y predicción de los mismos. Además alega que dada la importancia que adquiere, aparece en prácticamente todas las áreas de trabajo, siendo un

Introduction

Statistics is one of the most universal branches of Mathematics, since in its historical evolution many of its methods have been developed to solve specific situations in different spheres of knowledge and science (Herrera, 2013).

Morante (2018) points out that Statistics is the common link presented by most scientific investigations in which data processing and interpretation and prediction of the same intervene. In addition, it alleges that given the importance it acquires, it appears in practically all areas of work, being a clear factor in

factor claro en las predicciones y tomas de decisiones a partir de datos observados.

En Cuba, existen experiencias, resultados y criterios sobre las potencialidad del empleo de procedimientos estadísticos, modelación y simulación de proceso y metodologías de estadístico-matemática aplicados a Procesos Agrarios, cuyo uso favorecen las investigaciones científicas y contribuyen a la búsqueda de soluciones y producciones óptimas.

En tal sentido Fernández y col. (2013) hacen referencia al empleo de la Estadística Aplicada a las Ciencias Agropecuarias, así como su contribución en la docencia, investigación y transferencia de conocimiento. La bibliografía reporta aplicaciones en este campo asociados a estudios de curvas de crecimiento animal y vegetal, en Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) en los cultivos de la caña de azúcar, cítricos, pastos y forrajes, en curvas de lactancia, en estudios ecológico-estadísticos de plagas, en sistemas pastoriles, en estudio de sostenibilidad socioeconómica así como en evaluaciones genéticas para el mejoramiento animal, entre otras investigaciones reportadas por, Fernández (2011, 2017), Del Valle y Guerra (2012), Vázquez y col. (2014) y Rodríguez (2015)

En la actualidad en la Sanidad Agropecuaria se incluyen líneas de investigación quedan respuesta a las exigencias y desarrollo del país, asociadas a estudios sobre nuevas formas de vigilancia epidemiológica con el fin de mejorar la eficiencia en los sistemas de detección de enfermedades, siendo una alternativa la denominada vigilancia sindrómica con el empleo de procedimientos estadísticos, que incluyen como herramientas básicas el empleo de las series temporales y modelos autoregresivos avalados por los trabajos de Ramírez y col. (2005), Hoinville, (2013). Dórea y col. (2013) entre otros.

predictions and decision-making based on observed data.

In Cuba, there are experiences, results and criteria on the potential of the use of statistical procedures, process modeling and simulation, and statistical-mathematical methodologies applied to Agrarian Processes, whose use favors scientific research and contributes to the search for optimal solutions and productions. .

In this sense, Fernández et al. (2013) refer to the use of Statistics Applied to Agricultural Sciences, as well as its contribution to teaching, research and knowledge transfer. The bibliography reports applications in this field associated with studies of animal and plant growth curves, in Response Surface Methodology (MSR) in sugarcane, citrus, pasture and forage crops, in lactation curves, in ecological studies -statistics of pests, in pastoral systems, in a study of socioeconomic sustainability as well as in genetic evaluations for animal improvement, among other investigations reported by, Fernández (2011, 2017), Del Valle and Guerra (2012), Vázquez et al. (2014) and Rodríguez (2015)

At present in Agricultural Health, lines of research are included in response to the demands and development of the country, associated with studies on new forms of epidemiological surveillance in order to improve the efficiency of disease detection systems, an alternative being the called syndromic surveillance with the use of statistical procedures, which include as basic tools the use of time series and autoregressive models endorsed by the works of Ramírez et al. (2005), Hoinville, (2013). Dorea et al. (2013) among others.

En Cuba existe una demanda creciente de contar con procedimientos estadísticos que permitan implementar sistemas de vigilancia sindrómica por las complejidades propias de estos métodos. Por todo lo anteriormente expuesto, se considera necesario exponer algunas consideraciones acerca del empleo de las series temporales y metodologías basadas en modelos ARIMAS y aspectos asociados a la Vigilancia Sindrómica y su aplicación en la Sanidad Agropecuaria.

Desarrollo

Métodos Estadísticos. Aplicaciones más frecuentes en la Sanidad Agropecuaria

En las investigaciones Agrarias y muy en especial las asociadas a la Sanidad Agropecuaria, se eleva el desarrollo alcanzado en la aplicación de nuevos procedimientos para la vigilancia en la salud, los cuales están basados en teorías matemáticas para la detección de señales anormales y toma oportuna de decisiones para evitar peores consecuencias.

Dentro de las técnicas actuales se destaca el empleo de series temporales y de modelos Autorregresivos Integrados con Medias Móviles (ARIMA) con la metodología de Box y Jenkins (1976), los que han sido empleados en diferentes ramas de la ciencia, tales como: las Económicas, Médicas y Agropecuarias, entre otras y que serán abordados en el presente trabajo.

Series temporales. Fundamentos teóricos

En las investigaciones científicas en las ciencias agrarias, es común el uso de series temporales que son un apoyo en la solución de problemas complejos, a la búsqueda de predicciones y de soluciones óptimas.

Autores como Guerra y col. (2010) consideran que las series cronológicas o series de tiempo, representan una sucesión de valores $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$, correspondientes a un mismo

In Cuba there is a growing demand for statistical procedures that allow the implementation of syndromic surveillance systems due to the complexities of these methods. For all the above, it is considered necessary to present some considerations about the use of time series and methodologies based on ARIMAS models and aspects associated with Syndromic Surveillance and its application in Agricultural Health.

Developing

Statistical methods. Most frequent applications in Agricultural Health

In Agrarian research and especially those associated with Agricultural Health, the development achieved in the application of new procedures for health surveillance is increased, which are based on mathematical theories for the arrest of abnormal signals and timely taking of decisions to avoid worse consequences.

Among the current techniques, the use of time series and Autoregressive models Integrated with Moving Averages (ARIMA) with the methodology of Box and Jenkins (1976) stands out, which have been used in different branches of science, such as: Economic, Medical and Agricultural, among others and that will be addressed in this work.

Temporal series. Theoretical fundament

In scientific research in agricultural sciences, it is common to use time series that are a support in the solution of complex problems, in the search for predictions and optimal solutions.

Authors such as Guerra et al. (2010) consider that chronological series or time series represent a succession of values $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$,

fenómeno el cuál es observado a intervalos fijos de tiempo.

Analizando el criterio anterior y otros reportados en la literatura, resaltan los aportados por Coutin (2007), quien señala que las series temporales pueden clasificarse, según la forma en que se ofrecen los valores de las mediciones en dos tipos:

- Continuas: cuando los valores se ofrecen de forma permanente, de manera tal que cada uno de ellos representa el estado de la variable en un instante, el cual puede ser tan pequeño como teóricamente se quiera suponer.
- Discretas: cuando los valores se ofrecen para intervalos de tiempo, generalmente homogéneos y donde representan la magnitud acumulada del estado de la variable durante ese intervalo.

Y alegan que atendiendo al tipo de componente que pueden tener se pueden agrupar en tres grupos: con tendencia y sin estacionalidad, con tendencia y con estacionalidad y sin tendencia y con estacionalidad.

Con posterioridad Vallejo (2012) expresa que según los objetivos del análisis de series temporales, éstas se utilizan con fines: descriptivo y/o predictivos. Y alega que dentro de las técnicas de estudio de las series temporales, se pueden distinguir esencialmente dos grandes grupos:

1. Los métodos clásicos o de descomposición (métodos no paramétricos)
2. Los modelos Autorregresivos Integrados con Medias Móviles (ARIMA) de series temporales (métodos paramétricos) propuestos por Box y Jenkins (1976) (estos por su importancia y actualidad serán descrito en el próximo epígrafe)

corresponding to the same phenomenon which is observed at fixed time intervals.

Analyzing the previous criterion and others reported in the literature, those contributed by Coutin (2007) stand out, who points out that time series can be classified, according to the way in which the measurement values are offered in two types:

- Continuous: when the values are offered permanently, in such a way that each one of them represents the state of the variable in an instant, which can be as small as theoretically we want to suppose.
- Discrete: when the values are offered for time intervals, generally homogeneous and where they represent the accumulated magnitude of the state of the variable during that interval.

And they allege that depending on the type of component they may have, they can be grouped into three groups: with trend and without seasonality, with trend and with seasonality and without trend and with seasonality.

Later Vallejo (2012) states that according to the objectives of the analysis of time series, these are used for purposes: descriptive and / or predictive. And he alleges that within the techniques of study of time series, two large groups can be essentially distinguished:

1. Classical or decomposition methods (non-parametric methods)
2. The Autoregressive Models Integrated with Moving Averages (ARIMA) of time series (parametric methods) proposed by Box and Jenkins (1976) (these, due to their importance

Autores como Guerra y col. (2010) consideran que los llamados métodos clásicos de una serie cronológica presentan varios tipos de movimientos o formas de comportamiento que son llamadas componentes. Las componentes más frecuentes de una serie cronológica son: Tendencia, Estacionalidad, Ciclos y Perturbaciones aleatorias.

- Tendencia. La tendencia representa el movimiento a largo plazo de la serie, el cual puede ser considerado como el valor en torno al cual se mueven los demás componentes.

- Estacionalidad: Representa el movimiento de forma periódica que tiene lugar para períodos menores a un año, depende de la forma en que se toma la información que puede ser: mensual, trimestral, semestral etc. Los factores que se reflejan en esta componente, tienen un comportamiento más inestable que la tendencia, por esto, resulta importante el estudio de este componente cuando se quieren hacer pronósticos a corto plazo.

- Ciclos: Es un movimiento oscilatorio y ondulatorio en la serie cronológica que se diferencia de la estacionalidad, solo en la periodicidad, pues mientras la estacionalidad tiene período de un año, el ciclo no tiene periodicidad fija y siempre tendrá longitud superior a un año. La componente cíclica a pesar de hallarse presente en la mayoría de las series cronológicas no siempre resulta necesaria su inclusión en los análisis. Esta componente es fundamental en la Meteorología y la Sismología, así como en la Medicina y la Biología.

- Perturbación aleatoria: Desviación del comportamiento normal por causas aleatorias.

Estas componentes dan lugar a los modelos clásicos de las Series cronológicas:

and timeliness, will be described in the next section)

Authors such as Guerra et al. (2010) consider that the so-called classic methods of a chronological series present several types of movements or forms of behavior that are called components. The most common components of a time series are: Trend, Seasonality, Cycles, and Random Disturbances.

- Trend. The trend represents the long-term movement of the series, which can be considered as the value around which the other components move.

- Seasonality: Represents the movement periodically that takes place for periods of less than one year, it depends on the way in which the information is taken, which can be: monthly, quarterly, semi-annually, etc. The factors reflected in this component have a more unstable behavior than the trend, for this reason, the study of this component is important when short-term forecasts are to be made.

- Cycles: It is an oscillatory and wave movement in the chronological series that differs from seasonality, only in periodicity, because while seasonality has a period of one year, the cycle does not have a fixed periodicity and will always have a length greater than one year. Although the cyclical component is present in most time series, it is not always necessary to include it in the analyzes. This component is fundamental in Meteorology and Seismology, as well as in Medicine and Biology.

- Random disturbance: Deviation from normal behavior due to random causes.

These components give rise to the classic models of the Time Series:

- Aditivo: $P = T + E + C + A$
- Multiplicativo: $P = T * E * C * A$
- Mixto: $P = T * E + C * A$

Donde T es la tendencia, E es la estacionalidad, C es la ciclicidad y "A" la aleatoriedad.

Espallargas y Solis (2012), alegan que con el enfoque clásico en el análisis de series temporales más bien se describe el comportamiento del proceso en estudio.

Series temporales, su empleo en la predicción y detección de patrones anormales

Desde hace algunas décadas se ha fortalecido el enfoque de análisis de las series temporales, con el objetivo de realizar pronósticos de valores futuros de la variable analizada y para este caso, los métodos clásicos resultan inoperantes. Además se alega que en general las series temporales se caracterizan por la dependencia que existe entre observaciones sucesivas y por consiguiente una marcada presencia de multicolinealidad.

A partir de la década de los años 70 el enfoque estocástico o aleatorio en el análisis de las series temporales, aportó nuevas herramientas de análisis a partir de la teoría desarrollada por Box y Jenkins (1976). También se puede encontrar con la denominación de Modelos ARIMA (Autorregresive Integrated Moving Average del inglés) o Modelos Autorregresivos (AR) Integrados de Medias Móviles.

Autores como; Peña (2005); Ramírez y col. (2005), Hoinville y col. (2013), Dórea y col. (2013) entre otros, consideran que Box y Jenkins (1976) desarrollaron un cuerpo metodológico destinado a identificar, estimar y diagnosticar modelos dinámicos de series temporales en los que la variable tiempo juega un papel fundamental y alegan que la metodología consiste en introducir componentes aleatorias a las ecuaciones para que les permita una mayor flexibilidad y se compone de los siguientes modelos:

- Additive: $P=T+E+C+A$
- Multiplicative: $P=T*E*C*A$
- Mixed: $P=T*E+C*A$

Where T is the trend, E is the seasonality, C is the cyclicity and "A" is the randomness.

Espallargas and Solis (2012), argue that with the classical approach in the analysis of time series rather the behavior of the process under study is described.

Time series, its use in the prediction and detection of abnormal patterns

For a few decades, the time series analysis approach has been strengthened, with the aim of making forecasts of future values of the analyzed variable and for this case, the classical methods are inoperative. Furthermore, it is alleged that in general time series are characterized by the dependence that exists between successive observations and consequently a marked presence of multicollinearity.

Starting in the 1970s, the stochastic or random approach in the analysis of time series provided new analysis tools based on the theory developed by Box and Jenkins (1976). It can also be found under the name of ARIMA Models (Autoregressive Integrated Moving Average) or Autoregressive Models (AR) Integrated Moving Averages.

Authors like; Peña (2005); Ramírez et al. (2005), Hoinville et al. (2013), Dorea et al. (2013) among others, consider that Box and Jenkins (1976) developed a methodological body intended to identify, estimate and diagnose dynamic models of time series in which the time variable plays a fundamental role and argue that the methodology consists of introducing random components to

- Autorregresivos [AR(p)].
- Medias Móviles [MA(q)].
- Mixtos [ARMA(p,q)].
- Autorregresivos integrados de medias móviles [ARIMA(p,d,q)S].

Donde

p= número de parámetros de la parte autorregresiva ϕ

d= número de diferencias para estacionarizar en media

q= número de parámetros de la parte de medias móviles θ

s= Periodicidad (sobra).

Los autores antes mencionados señalan que: en Estadística, un Modelo Autorregresivo Integrado de Medias Móviles (ARIMA) es una generalización de Modelo Autorregresivo de Media Móvil (ARMA) y que estos modelos se ajustan a los datos de series temporales para entender mejor los datos o para predecir puntos futuros de la serie. El modelo conocido como un modelo ARIMA(p, d, q), donde p, d y q son enteros iguales o mayores que cero. Y reportan que según la teoría descrita, al modelo ARMA(p, q) generalizado, se le agrega el parámetro d para crear el modelo ARIMA(p, d, q), donde d es un entero positivo, la cual se expresa en esta función

$$Z_t = \partial + U_t + \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} - \theta_1 U_{t-1} - \dots - \theta_q U_{t-q}$$

Dónde:

$$U_{t-1} \sim n(0, \sigma_u^2)$$

∂ : Promedio.

U_t : Error aleatorio.

ϕ_{t-j} : Ponderaciones de procesos a tiempos atrás.

Z_{t-j} : Valores autorregresivos.

θ_{t-j} : Ponderaciones de errores a tiempos atrás.

U_{t-j} : Valores de medias móviles.

σ_u^2 : Varianza de errores aleatorios.

the equations to allow them greater flexibility and consists of the following models:

- Autoregressive [AR (p)].
- Moving Averages [MA (q)].
- Mixed [ARMA (p, q)].
- Integrated autoregressive moving averages [ARIMA (p, d, q) S].

Where

p = number of parameters of the autoregressive part ϕ

d = number of differences to station in mean

q = number of parameters of the moving average part θ

s = Periodicity (surplus).

The aforementioned authors point out that: in Statistics, an Autoregressive Integrated Moving Average Model (ARIMA) is a generalization of the Autoregressive Moving Average Model (ARMA) and that these models are adjusted to time series data to better understand the data or to predict future points in the series. The model known as an ARIMA (p, d, q) model, where p, d, and q are integers equal to or greater than zero. And they report that according to the described theory, to the generalized ARMA (p, q) model, the parameter d is added to create the ARIMA (p, d, q) model, where d is a positive integer, which is expressed in this function

$$Z_t = \partial + U_t + \phi_1 Z_{t-1} + \dots + \phi_p Z_{t-p} - \theta_1 U_{t-1} - \dots - \theta_q U_{t-q}$$

Where:

$$U_{t-1} \sim n(0, \sigma_u^2)$$

∂ : Average.

U_t : Random error.

ϕ_{t-j} : Weights of processes to times back.

Z_{t-j} : Autoregressive values.

θ_{t-j} : Weightings of errors to times back.

U_{t-j} : Moving average values.

σ_u^2 : Variance of random errors.

Los autores Box y Jenkins (1976) en sus artículos reflejan una metodología para la identificación de modelos ARIMA en series temporales los cuales consisten en seguir diferentes pasos fundamentales para lograr un buen modelo, los mismos consisten en:

1. Identificación
2. Estimación de Parámetros
3. Verificación del modelo
4. Las predicciones

1. Identificación: El objetivo principal es determinar si es necesario realizar transformación a los datos para estacionalizar la serie de tiempo en media y en varianza. La representación gráfica de la serie nos indica si esta es estacionaria o no a través de la función de autocorrelación simple (FAS) y su función de autocorrelación parcial (FAP). En caso que la serie no sea estacionaria, se debe aplicar uno de los siguientes procedimientos

a) Si tiene tendencia: Se aplicará diferencias regulares hasta que desaparezca. Normalmente el orden de la diferencia será 1, y raramente será mayor a 3.

b) Si es heterocedástica: en este caso se refiere que no tiene varianza constante, por lo que habrá que transformar la serie. Para ello se aplica logaritmo.

c) Si es estacional: se tomarán diferencias estacionales hasta que desaparezca el patrón que se repite. En la práctica es muy raro tener que aplicar más de una diferencia estacional.

Una vez obtenido el gráfico de la nueva serie transformada se puede intentar deducir su estructura observando la FAS y la FAP. Observando los autocorrelogramas se hace una primera idea de qué modelo subyace a la serie, o al menos de cuáles son los primeros modelos que se deben probar. A partir de ahí se ajusta el modelo ARIMA(p,d,q) según lo que se haya deducido de todos los apartados anteriores. Frecuentemente ocurre que se deba probar varios

The authors Box and Jenkins (1976) in their articles reflect a methodology for the identification of ARIMA models in time series which consist of following different fundamental steps to achieve a good model, they consist of:

1. Identification
2. Estimation of Parameters
3. Model verification
4. The predictions

1. Identification: The main objective is to determine if it is necessary to perform transformation to the data to season the time series in mean and in variance. The graphical representation of the series indicates whether it is stationary or not through the simple autocorrelation function (FAS) and its partial autocorrelation function (FAP). In case the series is not stationary, one of the following procedures must be applied

a) If it has a tendency: Regular differences will be applied until it disappears. Normally the order of the difference will be 1, and it will rarely be greater than 3.

b) If it is heteroscedastic: in this case it means that it does not have constant variance, so the series will have to be transformed. For this, the logarithm is applied.

c) If it is seasonal: seasonal differences will be taken until the repeating pattern disappears. In practice it is very rare to have to apply more than one seasonal difference.

Once the graph of the new transformed series has been obtained, it is possible to try to deduce its structure by observing the FAS and FAP. By observing the autocorrelograms, one gets a first idea of which model underlies the series, or at least of which are the first models to be tested. From there, the ARIMA model (p, d, q) is adjusted according to what has been deduced from all the previous sections. It often happens

modelos ARIMA(p,d,q) hasta encontrar el modelo que mejor se ajuste .

2. Estimación de Parámetros Después de la elección del modelo se pasa a buscar el valor de los parámetros a través de técnica de estimaciones no lineales, con el objetivo que el modelo represente apropiadamente a la serie. Una de las técnicas para la realización de lo anteriormente mencionado es el método de Gauss-Newton

3. Verificación del modelo: antes de la utilización del modelo con fines de predicciones, se debe someter a pruebas partiendo de que todo modelo es erróneo puesto que son representaciones de la realidad. La forma de aprobar el modelo es a través de la validación de los supuestos que los mismos sirven para identificar, estimar y verificar el comportamiento de un modelo ARIMA que ha sido optimizado, estos son:

Parsimonioso: un modelo se dice que es parsimonioso si se ajusta a la serie de forma adecuada sin usar coeficientes innecesarios. Por ejemplo, si un modelo AR(1) y un modelo AR(2) se comportan de forma prácticamente idéntica, elegiremos el modelo AR(1) ya que así tendremos que estimar un coeficiente menos. El principio de parsimonia es importante porque, en la práctica, un modelo parsimonioso suele generar mejores predicciones. La idea de la parsimonia nos da una fuerte orientación práctica a la hora de modelar e identificar un modelo ARIMA. Así, no tendremos que buscar el proceso ARIMA que realmente genera la serie temporal, sino que nos conformaremos con encontrar un modelo que se aproxime correctamente

Estacionario: otra condición de gran importancia para lograr un buen modelo ARIMA es que la serie sea estacionaria. Asumir que una serie sea estacionaria permite desarrollar un marco de trabajo bastante simple y usar herramientas estadísticas de muestreo de gran potencia. Así, si la media de un proceso es constante, se podrá usar N observaciones para estimarla, mientras que sería mucho más complicado si la media no fuese estacionaria. Las técnicas más comunes para conocer si una serie temporal es estacionaria son

that several ARIMA models (p, d, q) have to be tested until the best fit is found.

2. Estimation of Parameters After the choice of the model, the value of the parameters is searched through the non-linear estimation technique, with the objective that the model appropriately represents the series. One of the techniques for carrying out the aforementioned is the Gauss-Newton method.

3. Verification of the model: before the use of the model for prediction purposes, it must be subjected to tests based on the fact that all models are erroneous since they are representations of reality. The way to approve the model is through the validation of the assumptions that they serve to identify, estimate and verify the behavior of an ARIMA model that has been optimized, these are:

Parsimonious: A model is said to be parsimonious if it fits the series properly without using unnecessary coefficients. For example, if an AR (1) model and an AR (2) model behave practically identically, we will choose the AR (1) model since that way we will have to estimate one less coefficient. The principle of parsimony is important because, in practice, a parsimonious model usually produces better predictions. The idea of parsimony gives us strong practical guidance when modeling and identifying an ARIMA model. Thus, we will not have to look for the ARIMA process that actually generates the time series, but we will settle for finding a model that correctly approximates

Stationary: another condition of great importance to achieve a good ARIMA model is that the series be stationary. Assuming a series is stationary allows a fairly simple framework to be developed and powerful statistical sampling tools used. Thus, if the mean of a process is constant, N observations can be used to estimate it, while it would be much more complicated if the mean were not stationary. The most common techniques to know if a time series is stationary are the unit root existence tests. If a series is not

los contrastes de existencia de raíces unidad. Si una serie es estacionaria podemos modificar dicha serie para convertirla en estacionaria.

Los residuos: son ruido blanco: esta proposición es muy importante a la hora de verificar un modelo ARIMA, una vez se han realizado las etapas de identificación y ajuste. La hipótesis crítica es la de incorrelación, para comprobar esta hipótesis se utilizan distintos métodos de inferencia estadística (típicamente contrastes t y chi cuadrado) aplicados a cada coeficiente de la función de autocorrelación y a la función de autocorrelación parcial.

4. Las predicciones: Aunque el modelo haya sido ajustado y prediga el pasado de una forma suficientemente correcta, lo que realmente se requiere de cualquier modelo de predicción es que realice predicciones satisfactorias. La evaluación de un modelo según este criterio se debe realizar mediante el uso durante un período de prueba o de verificación. La predicción es el fin último y primordial del análisis univariante de series temporales, Intuitivamente, el mejor predictor posible será "el que menos se equivoca" o, en términos estadísticos, aquel que minimiza el error cuadrático medio respecto a otro potencial predictor alternativo

Es importante resaltar que cada uno de estos pasos con una adecuada ejecución del modelo ARIMA permite la estabilización de la varianza debido a la aplicación del operador de diferencia, logrando así tener un modelo más simple y preciso. Ya logrado esto se procede a elegir el mejor modelo, para ello existen estimadores de calidad relativa de los modelos estadísticos, entre ellos el error cuadrático medio (ECM) y el criterio de información Akaike (AIC).

En la práctica autores como Lombardo y col. (2004) refieren que el uso de múltiples algoritmos en paralelo se ha explorado a través del uso de reglas de decisión y la utilización conjunta de los resultados de diferentes algoritmos, o mediante el

stationary, we can modify said series to make it stationary.

The residuals: they are white noise: this proposition is very important when verifying an ARIMA model, once the identification and adjustment stages have been carried out. The critical hypothesis is that of uncorrelation. To test this hypothesis, different statistical inference methods are used (typically t and chi square tests) applied to each coefficient of the autocorrelation function and to the partial autocorrelation function.

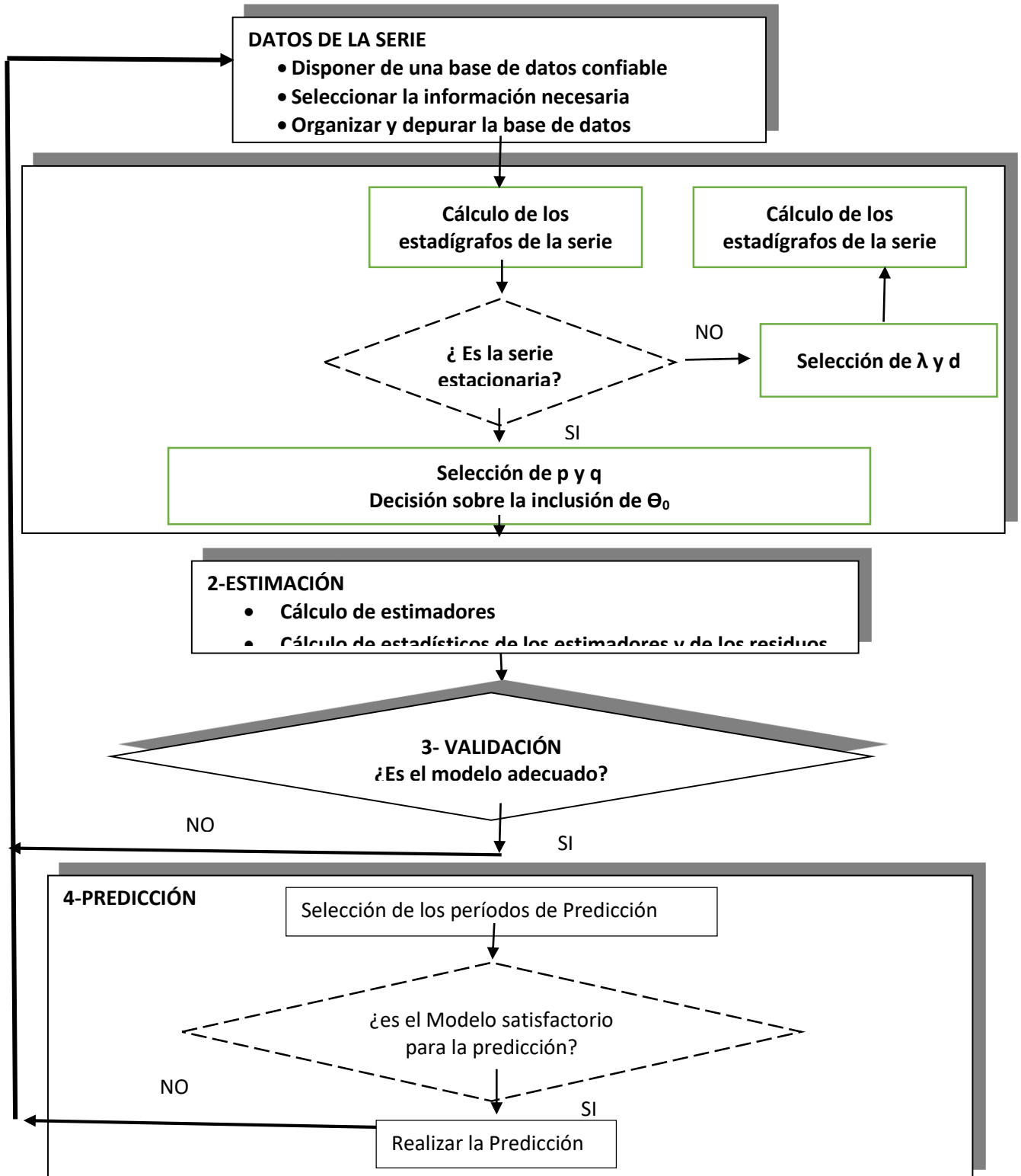
4. The predictions: Although the model has been adjusted and predicts the past in a sufficiently correct way, what is really required of any prediction model is that it make satisfactory predictions. Evaluation of a model against this criterion should be done through use during a testing or verification period. Prediction is the ultimate and primary purpose of the univariate analysis of time series. Intuitively, the best possible predictor will be "the one that makes the least mistakes" or, in statistical terms, the one that minimizes the mean square error with respect to another potential alternative predictor

It is important to highlight that each of these steps with an adequate execution of the ARIMA model allows the stabilization of the variance due to the application of the difference operator, thus achieving a simpler and more precise model. Once this has been achieved, the best model is chosen, for this there are estimators of relative quality of the statistical models, among them the mean square error (ECM) and the Akaike information criterion (AIC).

In practice, authors such as Lombardo et al. (2004) report that the use of multiple algorithms in parallel has been explored through the use of decision rules and the joint use of the results of different algorithms, or through the use of goodness-of-fit tests that allow deciding when to switch between algorithms. On the other hand,

uso de pruebas de bondad de ajuste que permitan decidir cuándo cambiar entre los algoritmos. Por otra parte MacNab (2011) y Lawson (2013) consideran que otro aspecto que ha favorecido el empleo de estos procedimientos ha sido gracias al desarrollo computacional de hardware y el software cada vez más rápidos y potentes.

MacNab (2011) and Lawson (2013) consider that another aspect that has favored the use of these procedures has been thanks to the computational development of increasingly fast and powerful hardware and software.



La Vigilancia Sindrómica en Investigaciones Epidemiológicas. Uso de Modelos Autoregresivos (ARIMA).

Vigilancia. Fundamentos teóricos sobre vigilancia. Tipos de vigilancia.

Se han dado diversos criterios sobre el concepto de vigilancia, en este sentido (Hoinville, 2013) la define como: la colecta, medición, procesamiento, comparación, análisis sistemático y diseminación oportuna de datos relacionados con la salud y el bienestar animal en poblaciones definidas. Además, señala que los datos se utilizan para describir la ocurrencia de peligros para la salud y para contribuir a la planificación, implementación y evaluación de acciones de mitigación de los riesgos a ellos asociados.

Recientemente, autores como Calba *et al.*, (2014); Boudon *et al.*, (2015); Delabouglise *et al.*, (2015); corroboran que la vigilancia proporciona información esencial que permite tomar medidas para proteger la salud y el bienestar de los animales y afirman, que esto también está estrechamente relacionado con la protección de la salud humana. Además, aseveran que la detección de los riesgos en las poblaciones humanas puede contribuir a la detección de los riesgos en las poblaciones animales.

Esta estrecha relación entre animales y la vigilancia de la salud pública ha sido reconocida en la iniciativa "Una Salud" (Suárez, 2010), por lo que los datos relacionados con la salud (en la vigilancia) pueden ser recogidos directamente de las poblaciones de animales, así como a partir de las poblaciones humanas y de otras

Syndromic Surveillance in Epidemiological Investigations. Use of Autoregressive Models (ARIMA).

Surveillance. Theoretical foundations on surveillance. Types of surveillance.

Various criteria have been given on the concept of surveillance, in this sense (Hoinville, 2013) defines it as: the collection, measurement, processing, comparison, systematic analysis and timely dissemination of data related to animal health and welfare in defined populations. In addition, it points out that the data is used to describe the occurrence of health hazards and to contribute to the planning, implementation and evaluation of actions to mitigate the risks associated with them.

Recently, authors such as Calba *et al.*, (2014); Boudon *et al.*, (2015); Delabouglise *et al.*, (2015); They corroborate that surveillance provides essential information that enables measures to be taken to protect the health and welfare of animals and that this is also closely related to the protection of human health. In addition, they assert that the detection of risks in human populations can contribute to the detection of risks in animal populations.

This close relationship between animals and public health surveillance has been recognized in the "One Health" initiative (Suárez, 2010), so that health-related data (in surveillance) can be collected directly from populations of animals, as well as from

fuentes, incluyendo vectores biológicos , mecánicos y fuentes ambientales.

Clasificaciones de Vigilancia.

Existen múltiples clasificaciones sobre tipos de vigilancia, y sus principales definiciones fueron dadas por Doherr y Audige (2001), German *et al.* (2001). Hoinville *et al.* (2009), Dufour y Hendrikx (2009), OIE (2011), ECDC (2013) algunas de ellas se describen a continuación:

De forma resumida pudiera decirse que la vigilancia es la colecta sistemática de datos, su análisis, interpretación y disseminación de información a aquellos que necesitan conocerlos con el objetivo de tomar acciones. Según el propósito se tipifican diversos tipos de vigilancia, así como por ejemplo: la vigilancia de los indicadores de salud y enfermedades en poblaciones definidas para aumentar la probabilidad de detección oportuna de amenazas indefinidas (nuevas) o inesperados (exóticas o reemergentes) están dirigidos a la detección precoz y suelen denominarse como **vigilancia de alerta rápida**.

Otro tipo, es la **vigilancia basada en indicadores** que se reconoce como aquella tradicional basada en la recopilación de datos sobre la aparición de enfermedades o condiciones predefinidas y que utiliza de acuerdo con las definiciones de casos establecidas; estos datos se analizan para producir indicadores que indican la existencia de una amenaza. Este tipo de vigilancia basada en indicadores puede estar dirigida a peligros específicos o generales e incluye el uso de datos clínicos o de otro tipo para la vigilancia sindrómica.

Una definición de uso bastante generalizado para clasificar la vigilancia depende de la

human populations and other sources, including biological vectors, mechanical and environmental sources.

Surveillance Classifications.

There are multiple classifications on types of surveillance, and their main definitions were given by Doherr and Audige (2001), German *et al.* (2001). Hoinville *et al.* (2009), Dufour and Hendrikx (2009), OIE (2011), ECDC (2013) some of them are described below:

In summary, it could be said that surveillance is the systematic collection of data, its analysis, interpretation and dissemination of information to those who need to know them in order to take action. According to the purpose, different types of surveillance are typified, as well as, for example: the surveillance of health and disease indicators in defined populations to increase the probability of timely detection of undefined (new) or unexpected (exotic or reemerging) threats are aimed at early detection and are often referred to as **early warning surveillance**.

Another type is **indicator-based surveillance**, which is recognized as traditional surveillance based on the collection of data on the appearance of predefined diseases or conditions and used according to established case definitions; These data are analyzed to produce indicators that indicate the existence of a threat. This type of indicator-based surveillance can be directed to specific or general hazards and includes the use of clinical or other data for syndromic surveillance.

forma en que se coleccionan los datos, lo que ha dado en denominarse vigilancia activa o pasiva. La primera, también denominada proactiva, se refiere según Hoinville (2013) a cuando la recopilación de datos es iniciada por el investigador, utilizando un protocolo definido para llevar a cabo las acciones que se han programado con antelación. La decisión acerca de que información se recoge y en cuales animales se realizan, se hace por el investigador. En cambio, la vigilancia pasiva o reactiva, según el propio autor es cuando la información proviene de un observador, sin que haya sido solicitada. La decisión sobre la información que se proporciona y en cuales animales o poblaciones se realizan, se efectúa por el proveedor de datos.

La combinación de ambos métodos de colecta activa y pasiva de datos, se ha calificado recientemente como **vigilancia pasiva incrementada**, conceptualizada como la provisión de datos de salud por observadores con la participación activa del investigador (Hoinville, 2013). En esencia, esta nueva denominación es un tipo de colecta pasiva de datos, mediada por el involucramiento activo del investigador, para incitar a los productores (observadores) a notificar ciertos tipos de enfermedades o por el seguimiento activo de determinados tipos de casos.

Otras definiciones de tipos de vigilancia están relacionadas con la metodología. Así como por ejemplo, gana cada vez más interés la vigilancia participativa, la cual explora las redes tradicionales de información mediante el uso de métodos de diagnósticos rurales, tales como: técnicas de clasificación, calificación y visualización para llevar a cabo la vigilancia basada en el riesgo y el peligro específico (Hoinville, 2013). Recientemente, en un foro de discusión entre expertos promovido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2011) se define la vigilancia participativa

A fairly widely used definition for classifying surveillance depends on how the data are collected, which has come to be called active or passive surveillance. The first, also called proactive, refers according to Hoinville (2013) to when data collection is initiated by the researcher, using a defined protocol to carry out the actions that have been programmed in advance. The decision about what information is collected and in which animals they are made, is made by the researcher. On the other hand, passive or reactive surveillance, according to the author himself, is when the information comes from an observer, without having been requested. The decision on the information that is provided and in which animals or populations they are made, is made by the data provider.

The combination of both active and passive data collection methods has recently been described as **increased passive surveillance**, conceptualized as the provision of health data by observers with the active participation of the researcher (Hoinville, 2013). In essence, this new name is a type of passive data collection, mediated by the active involvement of the researcher, to encourage producers (observers) to report certain types of diseases or by active monitoring of certain types of cases.

Other definitions of types of surveillance are related to methodology. As well as, for example, participatory surveillance is gaining more and more interest, which explores traditional information networks through the use of rural diagnostic methods, such as: classification, qualification and visualization techniques to carry out surveillance based on the risk and the specific hazard (Hoinville, 2013). Recently, in a discussion forum among experts promoted by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO,

como el involucramiento activo de las comunidades en la definición de los objetivos de proyectos y desarrollo de estrategias de control de enfermedades, la cual trasciende a la simple provisión de información. Esta es una actividad conducida por profesionales en colaboración, respeto mutuo y confianza que propicia actitudes positivas, que permiten el empoderamiento de la comunidad (Calba et al. 2014). Este tipo de vigilancia se emplea predominantemente en comunidades de bajo nivel de desarrollo tecnológico e incluso cultural.

Por otro lado, Katz *et al.* (2011) consideran que la facilidad de propagación de enfermedades a escala mundial requiere una mayor capacidad de vigilancia con el fin de detectar rápidamente y contener las emergencias de la salud pública. Una alternativa para enfrentar este reto es la **vigilancia sindrómica** la que por su importancia será abordada en el siguiente acápite.

Vigilancia Sindrómica. Ventajas en sistemas de alertas.

Para Hoinville (2013) la vigilancia sindrómica se basa en el empleo de datos relativos a la salud (signos clínicos u otros) que puedan anteceder o sustituir un diagnóstico formal y señalar con suficiente probabilidad de ocurrencia un caso o un brote de enfermedad, de forma que garantice una respuesta oportuna.

En este sentido Ward y Carpenter, (2000), German *et al.*(2001) y Hasler *et al.*(2011) plantearon que la vigilancia sindrómica tiene como objetivo fundamental disminuir el tiempo desde el momento en que se realiza el diagnóstico hasta que se lanza la alerta epidemiológica; lo cual favorece la aplicación de acciones oportunas para la reducción de la morbilidad y mortalidad. Ramírez y Ordóñez (2005) fundamentaron

(2011), participatory surveillance is defined as the active involvement of communities in defining project and development objectives. of disease control strategies, which transcends the simple provision of information. This is an activity conducted by professionals in collaboration, mutual respect and trust that fosters positive attitudes, which allow the empowerment of the community (Calba et al. 2014). This type of surveillance is predominantly used in communities with a low level of technological and even cultural development.

On the other hand, Katz et al. (2011) consider that the ease of spread of diseases on a global scale requires greater surveillance capacity in order to rapidly detect and contain public health emergencies. An alternative to face this challenge is **syndromic surveillance**, which due to its importance will be addressed in the next section.

Syndromic Surveillance. Advantages in alert systems.

For Hoinville (2013), syndromic surveillance is based on the use of health-related data (clinical signs or others) that can precede or substitute a formal diagnosis and indicate with a sufficient probability of occurrence a case or a disease outbreak, in a way that guarantees a timely response.

In this sense, Ward and Carpenter, (2000), German et al. (2001) and Hasler et al. (2011) stated that the main objective of syndromic surveillance is to decrease the time from the moment the diagnosis is made until launches the epidemiological alert; which favors the application of timely actions to reduce morbidity and mortality. Ramírez

que los propósitos más comunes de esta son la rápida identificación de sucesos inusuales como epidemias o enfermedades infecciosas emergentes, así como el aporte de evidencias de la distribución de las mismas y sus factores de riesgo.

Además, se alega que resulta particularmente útil para desarrollar sistemas de alerta rápida ante enfermedades emergentes y exóticas, ya que se basa en el empleo de datos relativos a la salud (signos clínicos u otros) que pueden anteceder o sustituir un diagnóstico formal y señalar con suficiente probabilidad de ocurrencia un caso o un brote de enfermedad, de forma que garantice una respuesta oportuna según criterios de Morse (2012) y Hoinville *et al.*(2013).

La prevención, tratamiento y la atención ante un brote será efectivo, si se logra un diagnóstico temprano de este, pero frecuentemente se tarda a veces días o semanas, debido a una variedad de retrasos, que incluye el tiempo para enviar una muestra a un laboratorio de pruebas, el tiempo para realizar los ensayos necesarios, y por último, el tiempo para informar los resultados (Yom-Tov *et al.*, 2014).

De forma general, como parte de los programas nacionales de vigilancia epidemiológica se recomienda, como actividad rutinaria, establecer un sistema de reporte general mensual de enfermedades e indicadores productivos a través de oficinas y puestos veterinarios. En el sistema clásico, cada unidad debe llenar un reporte de la ocurrencia y de las actividades de control diario y un resumen mensual. A nivel mundial, con la introducción de las computadoras y de las bases electrónicas, se estructuraron los formatos estandarizados que permiten una fácil codificación y una entrada rápida de datos que están remplazando aceleradamente los reportes narrativos. Para la mayoría de los sistemas de vigilancia, estos reportes consisten en información clínica y de otra naturaleza

and Ordóñez (2005) stated that the most common purposes of this are the rapid identification of unusual events such as epidemics or emerging infectious diseases, as well as the contribution of evidence of their distribution and their risk factors.

In addition, it is alleged that it is particularly useful for developing early warning systems for emerging and exotic diseases, since it is based on the use of health-related data (clinical or other signs) that can precede or substitute a formal diagnosis and signal with sufficient probability of occurrence of a case or a disease outbreak, so as to guarantee a timely response according to the criteria of Morse (2012) and Hoinville *et al.* (2013).

Prevention, treatment and care of an outbreak will be effective, if an early diagnosis of it is achieved, but it often takes days or weeks, due to a variety of delays, including the time to send a sample to a laboratory of tests, the time to perform the necessary tests, and finally, the time to report the results (Yom-Tov *et al.*, 2014).

In general, as part of the national epidemiological surveillance programs, it is recommended, as a routine activity, to establish a monthly general reporting system of diseases and productive indicators through veterinary offices and posts. In the classical system, each unit must fill out a report on the occurrence and daily control activities and a monthly summary. Worldwide, with the introduction of computers and electronic databases, standardized formats were structured that allow easy coding and fast data entry, which are rapidly replacing narrative reports. For most surveillance systems, these reports consist of clinical and other information (FAO, 2011).

(FAO, 2011).

En este sentido, Vial y Berezowski (2015) señalan que los avances tecnológicos en la captura, transferencia, almacenamiento, análisis y visualización electrónica de datos alcanzados durante la última década, han hecho posible la recogida y el almacenamiento de significativas cantidades de datos digitales relacionados con la salud, lo cual ha propiciado nuevos enfoques y beneficios a la vigilancia y en particular la vigilancia sindrómica.

La utilización de bases de datos asociados a la salud de los animales con el objetivo de obtener información en tiempo real, es posible al surgimiento de nuevas herramientas en la ciencia de la información como: la minería de datos, aprendizaje automático y el análisis estadístico (Skvortsov y Ristic, 2012). Esta estrategia de vigilancia ofrece beneficios adicionales a la detección de alarmas verdaderas, al permitir otros objetivos como el monitoreo de tendencias de enfermedades, facilitar el control de enfermedades o infecciones, revindicar estatus libre de enfermedad y proveer datos para análisis de riesgo (OIE, 2011). Este tipo de vigilancia es particularmente aplicable para la vigilancia de alerta temprana (Hoinville *et al.*, 2013).

La importancia del enfoque sindrómico radica en la vigilancia de enfermedades que tengan una o varias de las siguientes características: de rápida propagación y transmisión, tasa de letalidad inesperadamente alta, inexistencia de tratamiento eficaz, síndrome recientemente reconocido en el país afectado, evento no común o inesperado, elevado potencial de imposición de restricciones comerciales o de viajes y considerable notoriedad política en los medios de información.

In this sense, Vial and Berezowski (2015) point out that technological advances in the capture, transfer, storage, analysis and electronic visualization of data achieved during the last decade have made it possible to collect and store significant amounts of related digital data. with health, which has led to new approaches and benefits to surveillance and in particular syndromic surveillance.

The use of databases associated with animal health in order to obtain information in real time, is possible to the emergence of new tools in information science such as: data mining, machine learning and statistical analysis (Skvortsov and Ristic, 2012). This surveillance strategy offers additional benefits to the detection of true alarms, by allowing other objectives such as monitoring disease trends, facilitating disease or infection control, claiming disease-free status, and providing data for risk analysis (OIE, 2011). This type of surveillance is particularly applicable for early warning surveillance (Hoinville *et al.*, 2013).

The importance of the syndromic approach lies in the surveillance of diseases that have one or more of the following characteristics: rapid spread and transmission, unexpectedly high fatality rate, lack of effective treatment, syndrome recently recognized in the affected country, unusual event or unexpected, high potential for the imposition of trade or travel restrictions and considerable political visibility in the media.

The most relevant studies on Syndromic Surveillance have been applied mainly in public health research. However, in recent years there has been a growing trend towards the application of these methods for

Los estudios más relevantes sobre la Vigilancia Sindrónica, se ha aplicado principalmente en la investigación de la salud pública. Sin embargo, en los últimos años ha habido una tendencia creciente hacia la aplicación de estos métodos para los datos de vigilancia de la salud de los animales (Van Meter *et al.*, 2009 y Vourc'h *et al.*, 2006).

La OIE (2011) resalta la importancia de investigaciones relacionadas con la capacidad de revelar patrones anormales a partir del análisis de la producción de huevos y la mortalidad, siendo esto una forma de alertar oportuna sobre la presencia de cepas de influenza aviar.

Todos los criterios anteriormente expuestos corroboran que a nivel internacional existen múltiples investigaciones relacionadas con la vigilancia sindrónica, dada la importancia que esta adquiere, en la advertencia oportuna de patrones de comportamientos anormales y las posibilidades que brinda esta detección temprana para dar una respuesta eficaz y evita caer en crisis productivas.

El papel de las series temporales y los modelos autoregresivos (ARIMA) para la vigilancia sindrónica en la investigación.

A nivel mundial se desarrollan nuevas formas de vigilancia epidemiológica con el fin de mejorar la eficiencia en los sistemas de detección. En este sentido, Ramírez *et al.* (2005) expresan que el desarrollo de nuevas formas de vigilancia implica la incorporación de medidas de control adecuadas y el incremento en las capacidades diagnósticas y tecnológicas.

De otra parte, el acelerado ritmo de emergencia de enfermedades presupone la necesidad de que los sistemas de vigilancia veterinaria tengan un alto desempeño,

animal health surveillance data (Van Meter *et al.*, 2009 and Vourc'h *et al.*, 2006).

The OIE (2011) highlights the importance of research related to the ability to reveal abnormal patterns from the analysis of egg production and mortality, this being a timely way of alerting about the presence of strains of avian influence.

All the above criteria corroborate that at the international level there are multiple investigations related to syndromic surveillance, given the importance that this acquires, in the timely warning of abnormal behavior patterns and the possibilities that this early detection offers to give an effective response and avoid fall into productive crises.

The role of time series and autoregressive models (ARIMA) for syndromic surveillance in research.

New forms of epidemiological surveillance are being developed worldwide in order to improve the efficiency of detection systems. In this sense, Ramírez *et al.* (2005) state that the development of new forms of surveillance implies the incorporation of adequate control measures and the increase in diagnostic and technological capacities.

On the other hand, the accelerated pace of disease emergence presupposes the need for high performance veterinary surveillance systems, including sensitivity to detect a new problem without relying on an exhaustive list of reportable diseases. In fact, the World Organization for Animal Health (OIE), in its new mandatory

incluida la sensibilidad para detectar un problema nuevo sin depender de un listado exhaustivo de enfermedades notificables. De hecho, la Organización Mundial para la Sanidad Animal (OIE), en su nuevo sistema de notificación obligatoria (OIE, 2015), reduce las tres listas precedentemente existentes a una única, con un total mucho menor de enfermedades. En compensación, se incorporan criterios integradores para enfermedades no listadas como la obligatoriedad de notificar modificaciones del rango de hospederos, virulencia o que la enfermedad sea emergente.

El sistema de vigilancia epizootiológica (SIVE) cubano del Instituto de Medicina Veterinaria (IMV), no solo se limita a enfermedades listadas, por la OIE, sino también da carácter notificable a las intoxicaciones, morbilidades y mortalidades inusuales respaldado por la Resolución 21/10 del Director General del IMV (IMV, 2010). Tener capacidades diagnósticas para la mayoría de las enfermedades notificables en la red de laboratorios veterinarios puede ser un gran desafío, a la vez que no resulta práctico, el procesamiento de todas las muestras en sospecha por laboratorios nacionales o de referencia.

Una alternativa para enfrentar el anterior reto y además conveniente, desde otro punto de vista, es la vigilancia sindrómica. El enfoque sindrómico de las alteraciones de salud ha estado fundamentalmente promovido por la demanda de capacidades de detección de ataques bioterroristas (Bravata et al., 2004, Mandl et al., 2004, Pavlin et al., 2003, Morse, 2012), ante los que Cuba no ha estado exenta.

Una asunción primaria de cualquier sistema de vigilancia sindrómica es que cuando el comportamiento del estado de salud de una población es afectado, los cambios del mismo se agrupan en el tiempo o el espacio y pueden ser detectados oportunamente si la población es monitoreada consecutivamente (Mandl et al., 2004). Por ello, sin sustituir la

notification system (OIE, 2015), reduces the three previously existing lists to a single one, with a much lower total of diseases. In compensation, integrating criteria are incorporated for diseases not listed, such as the obligation to notify modifications of the range of hosts, virulence or that the disease is emergent.

The Cuban Epizootiological Surveillance System (SIVE) of the Institute of Veterinary Medicine (IMV) is not only limited to diseases listed by the OIE, but also makes intoxications, morbidities and unusual mortalities notifiable, supported by Resolution 21/10 of the General Director of the IMV (IMV, 2010). Having diagnostic capabilities for most notifiable diseases in the veterinary laboratory network can be a great challenge, while it is impractical to process all suspected samples by national or reference laboratories.

An alternative to face the above challenge and also convenient, from another point of view, is syndromic surveillance. The syndromic approach to health disorders has been fundamentally promoted by the demand for capabilities to detect bioterrorist attacks (Bravata et al., 2004, Mandl et al., 2004, Pavlin et al., 2003, Morse, 2012), before those that Cuba has not been exempt from.

A primary assumption of any syndromic surveillance system is that when the behavior of the health status of a population is affected, its changes are grouped in time or space and can be detected in a timely manner if the population is monitored consecutively (Mandl et al. al., 2004). Therefore, without replacing traditional surveillance, syndromic surveillance systems can minimize the main limitations of passive surveillance methods, based on

vigilancia tradicional, los sistemas de vigilancia sindrómica pueden minimizar las principales limitaciones de los métodos de vigilancia pasiva, basados en confirmación de casos por laboratorio (Bravata et al., 2004; Pavlin et al., 2003). De otra parte, ofrece beneficios adicionales a la detección de alarmas verdaderas y proveer datos para análisis de riesgo (Hasler et al., 2011, Ward y Carpenter, 2000; OIE, 2011).

Las investigaciones en vigilancia sindrómica se concentran en la búsqueda de fuentes de datos que permitan la detección temprana de enfermedades y el desarrollo de algoritmos y métodos eficientes que puedan detectar señales de posibles brotes (Dórea *et al.*, 2013). En Cuba existen antecedentes de sistemas de vigilancia sindrómica agrupados en bloques, desarrollados por el IMV como parte del SIVE (IMV, 2010).

Una de las limitantes de la vigilancia sindrómica puede ser la necesidad del envío de datos adicionales a los establecidos como parte de la rutina de análisis bioproductivos o de otro tipo, si no son de carácter notificable. No obstante, los sistemas empresariales, manejan datos que se recogen como estadística que pueden servir como complemento a la vigilancia. De hecho, los pasos sucesivos a la revolución epidemiológica, definida por Schwabe (1982) al pasarse de campañas masivas a una nueva fase de vigilancia por acciones selectivas, marcadas por el uso de la inteligencia epidemiológica y análisis de herramientas clave para el diagnóstico y la toma de decisiones; se considera mejorada progresivamente mediante nuevas técnicas de informática y minería de datos para identificar de forma automatizada patrones ignorados y útiles (Chan et al., 2010).

El proceso para determinar un brote comienza con la identificación de un número aberrante de casos notificados (sospechosos o confirmados) de una enfermedad particular en un tiempo y espacio determinado. Estos algoritmos

laboratory confirmation of cases (Bravata et al., 2004; Pavlin et al., 2003). On the other hand, it offers additional benefits to the detection of true alarms and to provide data for risk analysis (Hasler et al., 2011, Ward and Carpenter, 2000; OIE, 2011).

Research in syndromic surveillance focuses on the search for data sources that allow the early detection of diseases and the development of efficient algorithms and methods that can detect signs of possible outbreaks (dórea et al., 2013). In Cuba there is a history of syndromic surveillance systems grouped in blocks, developed by the IMV as part of the SIVE (IMV, 2010).

One of the limitations of syndromic surveillance may be the need to send additional data to those established as part of routine bioproductive or other analyzes, if they are not reportable. However, business systems handle data that is collected as statistics that can serve as a complement to surveillance. In fact, the successive steps to the epidemiological revolution, defined by Schwabe (1982) when moving from massive campaigns to a new phase of surveillance by selective actions, marked by the use of epidemiological intelligence and analysis of key tools for diagnosis and decision making; It is considered to be progressively improved through new computer science and data mining techniques to automatically identify ignored and useful patterns (Chan et al., 2010).

The process of determining an outbreak begins with the identification of an aberrant number of reported (suspected or confirmed) cases of a particular disease in a given time and space. These algorithms vary in the way they calculate a detection limit, but the existence of such a threshold for

varían en la forma en que calculan un límite de detección, pero la existencia de dicho umbral para la generación de una alarma es una característica común entre todos los métodos de detección, que van desde simples umbrales fijos a la aplicación de métodos estadísticos complejos. El límite de detección que debe resultar en el equilibrio preferente entre sensibilidad y especificidad (Dórea *et al.*, 2013). Considerables investigaciones se han llevado a cabo para mejorar estos algoritmos, y en consecuencia aumentar la especificidad y reducir el ruido (Hulth *et al.*, 2010).

La detección de brotes de enfermedades es un proceso similar al de los métodos estadísticos utilizados para el control de la calidad que comúnmente son aplicados en la industria manufacturera, en donde uno o más flujos de datos son inspeccionados de forma prospectiva para detectar anomalías (Shmueli y Burkom, 2010). Muchos algoritmos estadísticos están disponibles, incluyendo modelos de control basados en gráficos, estadística descriptiva, medias móviles autorregresivas, y modelos de regresión (Kleinman *et al.*, 2004, Miller *et al.*, 2004 y Kleinman *et al.*, 2005).

El rápido avance en el campo del modelado bayesiano y las técnicas de Monte Carlo basadas en cadenas de Markov (MCMC) así como los obtenidos en los métodos de estimación estadística e inferencia han sido posible gracias al desarrollo computacional de hardware y el software cada vez más rápidos y potentes (Lawson, 2013 y MacNab, 2011).

La combinación de métodos de análisis de series temporales tradicionales con otros métodos novedosos puede ayudar, no sólo a diseñar sistemas más eficientes de vigilancia sindrómica, sino también a evaluar el impacto de las medidas de intervención de salud aplicadas o los cambios que se producen durante períodos de tiempo prolongados (Alba *et al.*, 2015). Según Jackson *et al.* (2007), para optimizar

generating an alarm is a common characteristic among all detection methods, ranging from simple fixed thresholds to the application of complex statistical methods. . The detection limit that should result in the preferred balance between sensitivity and specificity (Dorea *et al.*, 2013). Considerable research has been carried out to improve these algorithms, thereby increasing specificity and reducing noise (Hulth *et al.*, 2010).

The detection of disease outbreaks is a process similar to that of the statistical methods used for quality control that are commonly applied in the manufacturing industry, where one or more data streams are prospectively inspected to detect anomalies (Shmueli and Burkom, 2010). Many statistical algorithms are available, including graph-based control models, descriptive statistics, autoregressive moving averages, and regression models (Kleinman *et al.*, 2004, Miller *et al.*, 2004, and Kleinman *et al.*, 2005).

The rapid advance in the field of Bayesian modeling and Markov chain-based Monte Carlo techniques (MCMC) as well as those obtained in statistical estimation and inference methods have been made possible by the increasingly computational development of hardware and software. fast and powerful (Lawson, 2013 and MacNab, 2011).

The combination of traditional time series analysis methods with other novel methods can help, not only to design more efficient syndromic surveillance systems, but also to evaluate the impact of the health intervention measures applied or the changes that occur during periods prolonged periods of time (Alba *et al.*, 2015).

la detección de brotes, los desarrolladores de sistemas de vigilancia y los usuarios necesitan entender qué métodos funcionan bien o mal de acuerdo a los diferentes contextos.

En la actualidad se cuenta con valiosos resultados relativos al empleo de estos procedimientos por ejemplo en el área de la salud pública en estudios asociados a la vigilancia de enfermedades transmisibles, para la detección precoz del comportamiento anormal de eventos de salud y la posibilidad de preparar intervenciones oportunas que garantizan a las autoridades sanitarias la reducción de las consecuencias, en ocasiones letales, derivadas de enfermedades y otros daños, también en estudios asociados al análisis de la tasa general de desempleo abierto realizado en el Estado de Veracruz, de igual forma en investigaciones asociadas a la sanidad agropecuaria y formas de vigilancia epidemiológica entre otros trabajos avalados por Ramírez et al. (2005); Cautín (2007); Jackson et al. (2007); Beltran-Alcrudo (2009); Ramirez y col. (2011); Hoinville y et al. (2013); Dórea y et al. (2013).

En Cuba existen estudios en la salud pública en la cual la aplicación de estos métodos fue eficiente. Por su parte (Guanche et al, 2005) y otros pudieron utilizar series suficientemente buenas para su estudio de morbilidad y letalidad por asma bronquial en atención secundaria. En la rama de la veterinaria Beltran-Alcrudo (2009) proponen sistemas de alerta temprana similares en caso de producción avícola para detectar circulación de cepas de influenza aviar baja patogenicidad en granjas de ponedoras comerciales. Del Pozo (2016) detectó con la implementación de series temporales y vigilancia sindrómica valores de patrones aberrantes en la producción de huevo y mortalidad avícola en dos granjas pertenecientes a la provincia Artemisa en Cuba.

According to Jackson et al. (2007), to optimize outbreak detection, surveillance system developers and users need to understand which methods work well or poorly according to different contexts.

Currently, there are valuable results regarding the use of these procedures, for example in the area of public health in studies associated with the surveillance of communicable diseases, for the early detection of abnormal behavior of health events and the possibility of preparing interventions that guarantee to the health authorities the reduction of the consequences, sometimes lethal, derived from diseases and other damages, also in studies associated with the analysis of the general open unemployment rate carried out in the State of Veracruz, in the same way in associated investigations to agricultural health and forms of epidemiological surveillance among other works endorsed by Ramírez et al. (2005); Cautín (2007); Jackson et al. (2007); Beltran-Alcrudo (2009); Ramirez et al. (2011); Hoinville and et al. (2013); Dorea and et al. (2013).

In Cuba there are studies in public health in which the application of these methods was efficient. For their part (Guanche et al, 2005) and others were able to use sufficiently good series for their study of morbidity and mortality from bronchial asthma in secondary care. In the veterinary branch Beltran-Alcrudo (2009) propose similar early warning systems in case of poultry production to detect circulation of low pathogenicity avian influenza strains in commercial layer farms. Del Pozo (2016) detected with the implementation of time series and syndromic surveillance values of aberrant patterns in egg production and poultry mortality in two farms belonging to the Artemisa province in Cuba.

Conclusiones

Los criterios y las valoraciones realizadas en el desarrollo de este trabajo evidencian que los procedimientos estadísticos como series de tiempo y Modelos Autorregresivos (ARIMA) asociados a la vigilancia sindrómica, constituyen herramientas útiles en investigaciones agrarias y en particular a las Ciencias Veterinarias asociadas a la detección temprana de patrones anormales en la producción.

Conclusions

The criteria and evaluations carried out in the development of this work show that statistical procedures such as time series and Autoregressive Models (ARIMA) associated with syndromic surveillance, constitute useful tools in agricultural research and in particular in Veterinary Sciences associated with early detection of abnormal patterns in production.

Bibliografía / References

- Alba, A., Dorea, F. C., Arinero, I., Sánchez, J., Cordon, R., Puig, P. y Revie, C. W. 2015. Exploring the surveillance potential of mortality data: nine years of bovine fallen stock data collected in Catalonia PLoS, One, 10. (Spain).
- Baudon, E.; Fournié, G.; Dao, T.H.; Pham, TTH.; Duboz, R.; Gely, M.; Peiris, M.; Cowling, B.J.; Ton, V.D.; Peyre, M. (2015) .Analysis of swine movements in a province in Northern Vietnam and application in the design of surveillance strategies for infectious diseases. Transboundary and Emerging Diseases. Jun 4. doi: 10.1111/tbed.12380.
- Beltrán-Alcrudo 2009. A flock-tailored early warning system for low pathogenic avian influenza (LPAI) in commercial egg laying flocks. [En línea] Disponible en: <www.elsevier.com/locate/prevetmed Consultado: enero 2018.
- Box, G. y Jenkins, G. 1976. Time Series Analysis, forecasting and control. Holden-Day Series in Time Series Analysis. G. M. Jenkins and E. Parzen, Editors. San Francisco. 553p.
- Bravata, D. M., McDonald, K. M., Smith, W. M., Rydzak, C., Buckeridge, D. L., Haberland, C. y Owens, D. K. 2004. Systematic review: surveillance systems for early detection of bioterrorism-related diseases. Ann Intern Med, 140, 910-22.
- Calba, C., Ponsich, A., Nam, S., Collineau, L., Min, S., Thonnat, J. y Goutard, F.L. 2014. Development of a participatory tool for the evaluation of Village Animal Health Workers in Cambodia. Acta Tropical 134, 17–28. doi:10.1016/j.
- Chan T.C, King C.C, Yen M.Y., Chiang P.H., Huang C.S. y Hsiao C.K. 2010. Probabilistic daily ILI syndromic surveillance with a spatio-temporal Bayesian hierarchical model. PLoS One;5:e 11626.
- Coutin, M. G. 2007. Las Series temporales. Unidad de Análisis y Tendencias en Salud. MINSAP. La Habana. 33 págs.
- Del Pozo Fernández Jany .2016. Vigilancia Sindrómica en gallinas ponedoras de dos unidades comerciales de la provincia de Artemisa. Trabajo de diploma. UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA “Fructuoso Rodríguez Pérez”. Facultad de Medicina Veterinaria. pp. 56.
- Del Valle, J. Guerra, C. W. 2012. La multicolinealidad en modelos de Regresión Lineal Múltiple. Revista Ciencias Técnica Agropecuarias, Cuba. ISSN – 2071 – 0054, RNPS – 2177.
- Delabouglise, T. H.; Dao, D. B.; Truong, T.T.; Nguyen, N. T.; Nguyen, R.; Duboz, G.; Fournié, N.; Antoine-Moussiaux, V.; Grosbois, D. T.; Vu, V. K.; Le, G.; Salem, M. Peyre. 2015. When private actors matter: information-sharing and surveillance of Highly Pathogenic Avian Influenza in Vietnam. Acta Tropical Jul;147:38-44.

- Doherr , M.G. and Audige, L. 2001. Monitoring and surveillance for rare health-related events: a review from the veterinary perspective. *Phil Trans R Soc Lond B* 356 1097-06 .
- Dórea, F.C; Muckle, C.A.; Kelton, D.; McClure, J.; McEwen, B.J.; McNab, W.B. 2013. Exploratory analysis of methods for automated classification of Laboratory Test Orders into Syndromic Groups in Veterinary Medicine. *PLoS ONE* 8(3): e57334. [En línea] Disponible en: <www.elsevier.com/locate/prevetmed> Consultado: octubre 2018.
- Dufour B. y Hendrikx, P. 2009 Epidemiological surveillance in animal health. CIRAD, FAO, OIE, AEEMA.
- ECDC .2013. European Centre for Disease Prevention and Control. Surveillance of communicable disease in the European Union. A long-term strategy: Disponible en: http://ecdc.europa.eu/en/aboutus/Key%20Documents/0813_KD_Surveillance_of_CD.pdf Consultado: abril 2018 .
- Espallargas, D.S. y Solis, M. 2012. *Econometría y Series temporales. Aplicaciones. La Habana .Editorial Félix Varela, 354 págs.*
- FAO .2011 .Epidemiología participativa. Métodos para la recolección de acciones y datos orientados a la inteligencia epidemiológica. Disponible en: http://www.google.com/cu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjE8t20yZ_LAhXGqh4KHSVWCK4QFggaMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Fdocrep%2F014%2Fi2363s%2Fi2363s00.pdf&usq=AFQjCNFB2JcxIHvIO6tNsoFnMb8AZayaDg&bvm=bv.115339255,d.dmo. Consultado: febrero 2018.
- Fernández L, Tonhati, H; Albuquerque, L.G; Aspilcueta-Borquis, R.R y Menéndez Buxadera, A. 2011. Modelos de regresiones aleatorias para la estimación de parámetros genéticos y estudios de curvas de lactancia del Holstein en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 45, Número 1.
- Fernández-, L; Lara A.M; Pereyra, A.M; Guerra, CW; De Calzadilla, J. 2013. Estadística Aplicada a la Ingeniería Agrícola y a las Ciencias Agropecuarias. Su contribución en la docencia, investigación y transferencia de conocimiento. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(2).
- Fernández, Lucia; Guerra, C.W; De Calzadilla, J; Lim. N.U. 2017. Desarrollo de la Modelación Estadístico– Matemática en las Ciencias Agrarias. Retos y perspectivas. *Revista Investigación Operacional. VOL 38. , No.5, 462-467.*
- German R.R., Lee L.M, Horan J.M, Milstein R.L, Pertowski C.A. y Waller M.N. 2001. Updated guidelines for evaluating public health surveillance systems: recommendations from the Guidelines Working Group. *MMWR Recomm Rep*, 50:1-35.
- GuancheGuanche, H; García E; Gutiérrez F. 2005. Morbilidad y letalidad hospitalaria por asma bronquial. *Rev Cubana Med [serie en Internet]. [citado 2 Oct 2007];44(3-4).* Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/med/vol44_3-4_05/med033-405.htm.
- Guerra, C.W; Menéndez, E; Barrera, R. y Egaña, E. 2010. *Estadística. La Habana. Editorial Félix Varela 2da Ed. ISBN 959-258-421-4.*
- Hasler, B., Howe, K. S. y Stark, K. D. 2011. Conceptualising the technical relationship of animal disease surveillance to intervention and mitigation as a basis for economic analysis. *BMC Health Serv Res*, 11, 225 págs.
- Herrera, M. 2013 .Métodos Estadísticos alternativos de análisis con variables discretas y categóricas en investigaciones agropecuarias. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal.
- Hoinville, L, Ellis-Iversen J, Vink, D, Watson, E, Snow, L y Gibbens, J. 2009. Discussing the development and application of methods for effective surveillance in livestock populations: Report of a workshop held prior to the ISVEE conference, Durban, South Africa. Disponible en: available at <http://www.defra.gov.uk/ahvla-en/disease-control/surveillance/pre-isvee-workshop/> Consultado: marzo 2018.
- Hoinville, L. J.; Alban, L; Drewe, J. A; Gibbens, J. C; Gustafson, L; Hasler, B; Saegerman, C; Salman, M. y Stark, K. D. 2013. Proposed terms and concepts for describing and evaluating animal-health surveillance systems. *Prev Vet Med*, 112, 1-12 págs.

- Hulth, A., Andrews, N., Ethelberg, S., Dreesman, J., Faensen, D., Van Pelt, W. y Schnitzler, J. 2010. Practical usage of computer-supported outbreak detection in five European countries. *Euro Surveill*, 15.
- IMV. 2010. Resolución 21/2010 del Director General del Instituto de Medicina Veterinaria.
- Jackson, M.L, Baer, A., Painter, I. y Duchin, J. A. 2007 Simulation study comparing aberration detection algorithms for syndromic surveillance. *BMC Medical Informatics and Decision Making*.7:6:10.1186/1472-6947-7-6.
- Katz, R., May, L., Baker, J. y Test, E. 2011. Redefining syndromic surveillance. *J Epidemiol Glob Health*, 1, 21-31.
- Kleinman, K. P., Abrams, A. M., Kulldorff, M. y Platt, R. 2005. A model-adjusted space-time scan statistic with an application to syndromic surveillance. *Epidemiol Infect*, 133, 409-19.
- Kleinman, K., Lazarus, R. and Platt, R. 2004. A generalized linear mixed models approach for detecting incident clusters of disease in small areas, with an application to biological terrorism. *Am J Epidemiol*, 159, 217-24.
- Lawson, A. B. 2013. Bayesian disease mapping: hierarchical modeling in spatial epidemiology, CRC press.p 25-35.
- Lombardo, J. S., Burkom, H. y Pavlin, J. 2004. ESSENCE II and the framework for evaluating syndromic surveillance systems. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*, 53: 159-65.
- Macnab, Y. C. 2011. On Gaussian Markov random fields and Bayesian disease mapping. *Stat Methods Med Res*, 20, 49-68.
- Mandl, K. D., Overhage, J. M., Wagner, M. M., Lober, W. B., Sebastiani, P., Mostashari, F., Pavlin, J. A., Gesteland, P. H., Treadwell, T., Koski, E., Hutwagner, L., Buckeridge, D. L., Aller, R. D. y Grannis, S. (2004). Implementing syndromic surveillance: a practical guide informed by the early experience. *J Am Med Inform Assoc*, 11, 141-50.
- Hutwagner, L., Buckeridge, D. L., Aller, R. D. y Grannis, S. 2004. Implementing syndromic surveillance: a practical guide informed by the early experience. *J Am Med Inform Assoc*, 11, 141-50.
- Miller, B., Kassenborg, H., Dunsmuir, W., Griffith, J., Hadidi, M., Nordin, J. D. y Danila, R. 2004. Syndromic surveillance for influenzalike illness in ambulatory care network. *Emerg Infect Dis*, 10, 1806-11.
- Morante, F. 2018. La estadística en las investigaciones científicas. Disponible en: <https://www.masscience.com/2016/03/27/la-estadistica-en-las-investigaciones-cientificas>.
- Morse, S. S. 2012. Public health surveillance and infectious disease detection. *Biosecur Bioterror*, 10, 6-16.
- OIE (2015). Organización Mundial de Sanidad Animal. Código Sanitario para los Animales Terrestres.
- OIE. 2011 Terrestrial Animal Health Code. Disponible en: <http://www.oie.int/international-standard-setting/terrestrial-code/access-online/> (consultado en: marzo 2018) .
- Pavlin, J. A., Mostashari, F., Kortepeter, M. G., Hynes, N. A., Chotani, R. A., Mikol, Y. B., Ryan, M. A., Neville, J. S., Gantz, D. T., Writer, J. V., Florance, J. E., Culpepper, R. C., Henretig, F. M.y Kelley, P. W. (2003). Innovative surveillance methods for rapid detection of disease outbreaks and bioterrorism: results of an interagency workshop on health indicator surveillance. *Am J PublicHealth*, 93, 1230-5.
- Culpepper, R. C., Henretig, F. M.y Kelley, P. W. (2003). Innovative surveillance methods for rapid detection of disease outbreaks and bioterrorism: results of an interagency workshop on health indicator surveillance. *Am J PublicHealth*, 93, 1230-5.
- Peña, D. 2005. Análisis de series temporales. Madrid. Editorial Alianza. pp.245.
- Ramírez F., Ordóñez, R. and Iriarte, J.M. 2005. Vigilancia en salud pública: más allá de las enfermedades transmisibles. *Gac. Sanit.* pp 5:19:18:13 .
- Ramírez Juan Ruiz, Hernández-Rodríguez Gabriela Eréndira y Zulueta Rodríguez Ramón, Concepción. Modelos Box-Jenkins: Time Series Analysis Forecasting in SugarCaneProduction .2011. Facultadde Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana.pp103-109.

- Rodríguez, L. 2015. Modelación y simulación de la producción de biomasa de Pennisetum Purpureum Schum vc. King grass y su aplicación en la alimentación. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias. Instituto de Ciencia Animal. 100 pág.
- Schwabe, C.1982. The current epidemiological revolution in veterinary medicine.part I. Prev. Vet. Med. 1, 5–15.
- Skvortsov, A. y Ristic, B. 2012. Monitoring and prediction of an epidemic outbreak using syndromic observations. Math Biosci, 240, 12-9.
- Suárez, Y. E. 2010. “El concepto “Una Salud” en el contexto global actual”. Revista electrónica de Veterinaria. 1695-7504 Volumen 12 Número 5B.
- Vallejo, R. (2012). Introducción a las Series Cronológicas. Modelos ingenuos. Universidad Técnica Federico Santa María. España.
- Van Metre, D. C., Barkey, D. Q., Salman, M. D. y Morley, P. S. 2009. Development of a syndromic surveillances y stem for detection of disease among livestock entering an auction market. J Am Vet Med Assoc, 234, 658-64.
- Vázquez, Y; Guerra, C.W; Sánchez, O.E. 2014 .Modelación estadístico-computacional para el estudio de la sostenibilidad socioeconómica de la empresa pecuaria valle del Perú. Revista Investigación Operacional. 35(2): 121-129.
- Vial, F. y Berezowski, J. 2015. A practical approach to designing syndromic surveillance systems for livestock and poultry. Prev Vet Med, 120, 27-38.
- Vourc'h, G; Bridges, V. E; Gibbens, J; De Groot, B. D., Mcintyre, L; Poland, R. y
- Barnouin, J. 2006. Detecting Emerging Diseases in Farm Animals through Clinical Observations. Emerging Infectious Diseases, 12: 204-210.
- Ward, M. P. y Carpenter, T. E. (2000). Techniques for analysis of disease clustering in space and in time in veterinary epidemiology. Prev Vet Med, 45, 257-84.
- Yom-Tov, E., Borsa, D., Cox, I. J. y Mckendry, R. A. 2014. Detecting Disease Outbreaks in Mass Gatherings Using Internet Data. Journal of Medical Internet Research, 16,ed, 154.