

BASES PARA EL DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA NACIONAL DE ALERTA PARA ENFERMEDADES RESPIRATORIAS, BASADO EN HERRAMIENTAS SATELITALES.

por Wladimir Molina

Presentado ante la Facultad de Matemática, Astronomía y Física
y el Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich
como parte de los requerimientos para la obtención del grado de

MAGISTER EN APLICACIONES ESPACIALES DE ALERTA Y
RESPUESTA TEMPRANA A EMERGENCIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Marzo, 2015

©IG - CONAE/UNC 2015

©FaMAF - UNC 2015

Director: Dr. Marcelo Scavuzzo



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons

Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>.

A Dios principalmente, a mi Esposa, Familia y a mis Padres, Eres la Mejor..

Mamá

Resumen

Este trabajo se centró en el análisis espacio-temporal de variables biogeográficas macro-ambientales y su relación con índices de incidencias construidos a partir de datos poblacionales, socioeconómicos y turísticos de la población susceptible de Enfermedades Tipo Influenza (ETIs) y Virus Sincicial Respiratorio (VSR). La finalidad fue ofrecer una opción de un modelado basado en regresiones lineales y exponenciales que funcionen para la predicción y alerta temprana de las incidencias de estas patologías a nivel nacional, desde la primera Semana Epidemiológica de 2009 hasta la última de 2013. Por cada Departamento y Partido y la Capital Federal de la República Argentina para el caso de las ETIs y por Provincia de la República Argentina en el caso de las VSR. Debido a la gran magnitud en la escala de trabajo y la complejidad de los procedimientos metodológicos, el trabajo se dividió en tres fases. En la primera se usaron datos de estaciones meteorológicas argentinas de un número limitado de Departamentos adscritas al programa World Watch Weather (WWWP) de la World Meteorological Organization (WMO) para elaborar una valoración prospectiva de la relación entre las variables de estudios, factores de influencia y la incidencia de ETIs (considerando que VSR varía similarmente a los casos de ETI). En la segunda fase se usaron los tratamientos de modelado con los resultados más favorables obtenidos en la primera fase pero a escala nacional, sustituyendo las variables de estaciones meteorológicas con productos satelitales y usando retardos en las variables de estudio, en esta fase se obtuvieron modelos para 114 Departamentos, 66 Partidos y la Capital Federal, con coeficiente de determinación (R^2) que van desde 0.4 hasta 0.8204 (Partido Monte, Buenos Aires) para ETI, y 13 Provincias con R^2 que van desde 0.3 hasta 0.44 (Provincia de Mendoza) para VSR. Finalmente la tercera fase contempló mejorar y optimizar la respuesta de los modelos de la fase anterior relacionándolos con nuevas variables de productos de imágenes satelitales y validarlos haciendo una predicción de la incidencia de ETIs en 2014 (por la naturaleza de los datos de VSR no se puede hacer predicción con estos). Como resultado final 59 modelos, conformados por 13 partidos, 45 departamentos y la Capital Federal fueron validados y son funcionales para ser aplicados en alerta temprana de ETIs, en algunos casos de hasta con 3 semanas de anticipación, justificando el uso de herramientas geomáticas y SIG, imágenes satelitales, estaciones meteorológicas, datos socioeconómicos y poblacionales para la alerta temprana de ETIs y fundamentando su uso para elaborar modelos de alerta temprana para enfermedades respiratorias en general.

Descriptores: ETI, VSR, riesgo, alerta temprana, modelo estadístico, productos satelitales.

Abstract

This work was focused in spatio-temporal analysis of macro-ambientals biogeographic variables and its relation with incidence indexes built from poblational, socioeconomic and tourist data by ILI and RSV susceptible population. The finality was gift a modeling option based in lineal and exponential regrestions that work for this patologyes predicción and early warning from first 2009 EW up to the 2013 last. For each argentine Department, Partido and Federal Capital for ILI and each argentine Province for RSV. Due to huge work scale and the procedure complex the work was dividen in three phases. First meteorological stations data from the World Watch Wheater Programme(WWWP) of World Meteorological Organization (WMO) was used. To develop a forward-looking assessment of the relationship between the variables studies, influencing factors and the ILI incidence (considering that RSV varies similarly to the ILI cases). In the second phase modeling treatments with more favorable results in the first phase but nationwide were made, replacing the variables of weat-her stations using satellite products and delays in the study variables, at this stage were obtained models to 114 Departments, 66 Partidos and the Federal Capital, with R^2 ranging from 0.4 to 0.8204 (Partido Monte, Buenos Aires) for ETI, and 13 provinces with R^2 ranging from 0.3 to 0.44 (Province Mendoza) for RSV. Finally the third phase contemplated improve and optimize the response of the models of the previous phase linking them to new variable product of satellite imagery and validate making a prediction of the incidence of ETIs in 2014 (by the nature of the data of RSV can not make prediction with these). As a final result 59 models for 13 Partidos, 45 Departments and the Federal Capital were statistically validated and functional to be applied in ILI early warning, in some cases up to three weeks in advance, justifying the use of geomatics and GIS tools, satellite images, weather stations, socioeconomic and population for early warning of basing ILI and use data to model early warning for respiratory diseases in general.

Descriptors: ILI, RSV, risk, early warning, stadistical model, satelital products.

AGRADECIMIENTOS

A Dios primeramente.

Al Instituto Gulich por el apoyo logístico que permitió el desarrollo y culminación de esta tesis de Grado.

A mi Director, el Dr. Marcelo Scavuzzo, por su apoyo a lo largo del curso de mi carrera.

Al Dr. Camilo Rotela por su apoyo a lo largo de la investigación y mi formación académica.

A todos los miembros de la cohorte 2013 de MAEARTE y al personal del Instituto Gulich, por su apoyo y enseñanzas.

A mi Esposa Yarime Martinez, por su disposición a siempre ayudarme cuando lo necesitaba y estar allí siempre para mí.

A mis padres que me lo han dado todo.

Índice general

1. Introducción.	1
1.1. Epidemiología.	1
1.1.1. Brotes epidémicos.	2
1.1.2. Medio ambiente y salud	3
1.2. Salud pública y programas de salud	3
1.2.1. La causalidad de la enfermedad.	3
1.3. Epidemiología Panorámica y Sistemas de Alerta temprana.	5
1.4. Motivación	5
1.5. Objetivos	8
2. Datos Socio-Sanitarios y Meteorológicos	9
2.1. Recopilación de las variables de estudio.	10
2.2. Procesamiento general de la información.	11
2.2.1. Procedimientos de procesamiento de incidencia de ETIs a nivel nacional.	11
2.2.2. Procedimientos de procesamiento de incidencia de VSR a nivel nacional.	12
2.3. Procedimientos de procesamiento de incidencia de VSR a nivel nacional.	12
2.4. Procedimientos de procesamiento de la población a nivel nacional.	14
2.4.1. Procesamiento de la información adquirida INDEC de los censos poblacionales	14
2.5. Indicador de incidencia considerando la variabilidad poblacional.	17
2.5.1. Procesamiento de la información OH.	19
2.6. Indicador de incidencia considerando la vulnerabilidad de la po- blación de interés.	21
2.6.1. Procesamiento de la información adquirida de NBI de los censos poblacionales.	23

2.6.2.	Disgregación del NBI usando como factor de peso la cantidad poblacional de la región de interés.	24
2.7.	Factores macro-ambientales.	26
2.8.	Relación de factores a las incidencias de VSR y ETI a nivel nacional.	27
3.	Primera fase: Estaciones Meteorológicas.	30
3.0.1.	Preprocesamiento de los datos de estaciones meteorológicas argentinas.	33
3.1.	Procesamiento de los datos.	35
3.2.	Procedimiento de modelado basado en regresión lineal usando estaciones meteorológicas.	36
3.2.1.	Tratamiento de la Incidencia de ETI usando indicadores con NBI en el procedimiento de regresión lineal.	38
3.2.2.	Programación de la inclusión de $W_{(t,D,T)}$ al cálculo de la regresión lineal.	39
3.3.	Modelado de ETIs respecto a las variables obtenidas de las estaciones meteorológicas.	39
3.4.	Resultados de la primera fase.	40
3.5.	Discusión de los resultados de la primera fase de la investigación y consideraciones que a partir de estos se emprendieron para la segunda fase de la investigación.	44
4.	Segunda fase: Modelado respecto a LST de MODIS.	46
4.1.	Uso de las librerías de pyModis para la descarga y manipulación de los archivos LST.	50
4.2.	Procesamiento de los datos LST.	50
4.3.	Generación de archivo de coordenadas para la extracción de la información LST.	53
4.4.	Procedimiento de modelado basado en regresión lineal usando datos LST.	54
4.4.1.	Modelado de ETI y VSR respecto a las temperaturas LST.	54
4.4.2.	Resultados de la segunda fase de la investigación.	55
4.4.3.	Discusión de los resultados de la segunda fase de la investigación y consideraciones para la tercera y última fase de la investigación.	61

5. Tercera fase: optimización y mejoramiento de los modelos de ETIs.	63
5.1. Valoración de la calidad y características del producto de cobertura de nubes de MODIS.	65
5.2. Valoración de la calidad y características del producto de humedad del suelo de Aquarius.	66
5.3. Valoración de la calidad y características de los índices de vegetación NDVI y EVI de MODIS.	68
5.4. Modelo multivariado de LST y NDVI-EVI respecto a TDI de ETIs.	75
5.5. Resumen de los resultados de la tercera fase de la investigación.	76
5.6. Discusión de los resultados de la tercera y ultima fase de la investigación.	81
6. Validación de los modelos para ETIs.	82
6.1. Valoración de la calidad de los TDI	86
6.2. Propuesta para la corrección de la respuesta de predicción en época invernal	87
6.3. Discusión de los resultados del proceso de validación de los modelos regresivos multivariable para ETIs el la República Argentina.	89
7. Uso de las herramientas webGIS para levantar los modelos para ETIs	98
7.1. Propuesta de Producto	98
7.2. Uso de Geoserver y OpenLayers para la presentación del producto	99
8. Conclusiones y Recomendaciones.	103
8.1. Conclusiones	103
8.2. Recomendaciones	105
A. Reporte de hallazgos obtenidos al momento de extraer las temperaturas LST y su efecto en el comportamiento de la herramienta geomática del convenio MSAL-CONAE de Estratificación de Riesgo de Dengue Nacional y Urbano (ERDNU/HAP).	106
A.1. Algoritmo de Riesgo	107
A.2. Hallazgo de posible inconveniente en el cálculo de Ciclo del Vector y Virus	107
B. Virus Sincicial Respiratorio y su relación con variables biogeográficas satelitales en la República Argentina.	110

1. Resultados Completos de la Primera Fase	117
2. Resultados Completos de la Segunda Fase	126
3. Resultados Completos de la Tercera Fase	142

Índice de figuras

1.1. Mapa original del Dr. John Snow. Los puntos rojos son casos de cólera durante la epidemia en Londres de 1854. Las llaves representan los pozos de agua de los que bebían los enfermos.	2
1.2. Casos diagnosticados de Enfermedades tipo Influenza (rojo) y reportados con Virus Sincicial Respiratorio (azul) a nivel nacional.	7
2.1. Tasa Densidad de Incidencia de ETI y VSR respecto a la población de cada Provincia (Total de casos respecto a total poblacion susceptible local). La incidencia de las enfermedades estudiadas aumentan respecto al número de personas susceptibles en una región.	18
2.2. Descripción gráfica entre la incidencia de ETI respecto a los valores NBI por Provincia Argentina. Estos datos corresponden a la SE 43 de 2010, fecha en la que se elaboró el censo nacional.	22
2.3. Descripción gráfica entre la incidencia de VSR respecto a los valores NBI por Provincia Argentina. Estos datos corresponden a la SE 43 de 2010, fecha en la que se elaboró el censo nacional.	23
3.1. Mapa de las estaciones meteorológicas distribuidas en Argentina. Los puntos rojos representan cada estación, se utilizo un shapefile de polígonos con los Departamentos y Partidos de Argentina para disolver la información y considerar la ubicación de cada estación terrena según el Departamento o Partido donde se encontrasen.	37
3.2. Serie temporal de la Temperatura media y la Humedad Relativa para el Departamento Bariloche (Bariloche Aero) y el Departamento El Carmen (Jujuy Aero).	43

4.1.	Datos de temperatura LST de MODIS respecto a la temperatura máxima registrada en la estación terrena “Pajas Blancas” en el periodo 2009-2013. La mayoría de los datos se agrupan alrededor de la línea de tendencia con pendiente 1 e intercepto 0.	47
4.2.	Serie temporal MODIS LST y Series Temporales de temperaturas para la estación terrena de “Pajas Blancas” en para Córdoba Capital. Se puede apreciar como la temperatura máxima diaria de la estación terrena y la temperatura LST están superpuestas.	48
4.3.	Interpolación de los datos LST con la función <code>na.approx()</code> para Córdoba Capital. Se puede apreciar el excelente resultado de interpolación, siguiendo sin ningún problema la serie temporal de LST.	52
4.4.	Mapa de puntos finales de ejidos urbanos respecto al Shapefile del IGN para Córdoba Capital. Los puntos están dentro del shapefile de egidos urbanos notandose la dimetria de los mismos, algunos no simetricos son los añadidos a la capa por el shapefile de localidades INDEC.	55
4.5.	Mapa de puntos finales de ejidos urbanos de la República Argentina. Los puntos rojos representan cada coordenada considerada como ejido urbano.	56
4.6.	Mapa reflejando todos los R^2 de los modelos usando LST que alcanzaron un valor mayor a 0.4. la mayoría concentrado en el centro del país, donde existe una mayor densidad de población.	60
5.1.	Serie temporal MODIS TERRA MOD06_L2 en Córdoba Capital, donde se muestra el porcentaje de cobertura de nubes respecto a las SE de 2013. Nótese la disgregación desordenada de los datos.	65
5.2.	Serie temporal Aquarius SAC-D AQ3_WKSM.002 en Córdoba Capital, desde 2011 hasta 2013. Nótese la disgregación desordenada de los datos, y como solo un proceso de suavizado logra captar algún comportamiento regular de los datos. 67	67
5.3.	Serie temporal EVI MODIS MOD13A3.005 en Córdoba Capital, desde 2011 hasta 2013. Nótese el comportamiento senosoidal estacional bien definido en la serie temporal.	74
5.4.	Mapa reflejando todos los modelos usando NDVI y EVI que alcanzaron un R^2 mayor a 0.4. La mayoría concentrado en el centro del país.	75

6.1.	Mapa del producto final para toda la República Argentina, a la izquierda los casos de la SE 20 y acumulado de las 40 SE notificados y a la derecha los predichos por los modelos generados.	82
6.2.	Incidencia de ETI y valores predichos para ETIs respecto a las SE en 2014 para Capital Federal y Colón Córdoba. El modelo subestima la incidencia a mediados de año.	83
6.3.	Incidencia de ETIs por SE respecto a valores predichos para ETIs por SE en 2014 para Capital Federal. Los valores atípicos son debida a que los datos notificados superan abiertamente a los datos predichos en la época invernal.	84
6.4.	Incidencia de ETIs por SE respecto a valores predichos para ETIs por SE en 2014 para Colón Córdoba. Los valores atípicos son debida a que los datos notificados superan abiertamente a los datos predichos en la época invernal.	85
6.5.	Incidencia de ETI y valores predichos para TDI(ETI) respecto a las SE en 2014 para: a) Calamuchita, b) Córdoba Capital, c) Curuzu Cuatia, d) Gualaguaychu, e) La Matanza, f) Lomas de Zamora, g) Olavarría, h) Paraná, i) Patagones, j) Roque Pérez y k) San Fernando.	91
6.6.	Incidencia de ETI y valores predichos para TDI(ETI,NBI) respecto a las SE en 2014 para: a) Calamuchita, b) Córdoba Capital, c) Curuzu Cuatia, d) Gualaguaychu, e) La Matanza, f) Lomas de Zamora, g) Olavarría, h) Paraná, i) Patagones, j) Roque Pérez y k) San Fernando.	92
6.7.	Incidencia de ETI y valores predichos para TDI(ETI,OH) respecto a las SE en 2014 para: a) Calamuchita, b) Córdoba Capital, c) Curuzu Cuatia, d) Gualaguaychu, e) La Matanza, f) Lomas de Zamora, g) Olavarría, h) Paraná, i) Patagones, j) Roque Pérez y k) San Fernando.	93
6.8.	Incidencia de ETI y valores predichos para TDI(ETI,OH,NBI) respecto a las SE en 2014 para: a) Calamuchita, b) Córdoba Capital, c) Curuzu Cuatia, d) Gualaguaychu, e) La Matanza, f) Lomas de Zamora, g) Olavarría, h) Paraná, i) Patagones, j) Roque Pérez y k) San Fernando.	94
6.9.	Serie temporal del total país de la Incidencia de ETI por SE periodo 2010-2014 (hasta la SE 40). Se puede corroborar que no existe ninguna atipicidad en la serie del 2014	95
6.10.	Incidencia de ETI y valores predichos para TDIN(ETI,NBI) respecto a las SE en 2014 considerando un $N_w = 3$ para: a) Calamuchita, b) Córdoba Capital, c) Curuzu Cuatia, d) Gualaguaychu, e) La Matanza, f) Lomas de Zamora, g) Olavarría, h) Paraná, i) Patagones, j) Roque Pérez y k) San Fernando.	96

6.11. Incidencia de ETI y valores predichos para TDIN(ETI,OH,NBI) respecto a las SE en 2014 considerando un $N_w = 3$ para: a) Calamuchita, b) Córdoba Capital, c) Curuzu Cuatia, d) Gualaguaychu, e) La Matanza, f) Lomas de Zamora, g) Olavarría, h) Paraná, i) Patagones, j) Roque Pérez y k) San Fernando.	97
7.1. Mapa propuesto como producto final para mostrar a cada modelo elaborado como una herramienta de alerta temprana.	99
7.2. Pagina principal de Geoserver. http://localhost:8080/geoserver/web/101	
7.3. Vista del Producto para la predicción de ETIs a partir de OpenLayers.	102
A.1. Temperatura LST de un punto en el centro de la ciudad de Córdoba Capital respecto a la media de todos los puntos que forman el ejido de la ciudad.	108
B.1. Resultado de la relación de las variables satelitales LST, EVI, NDVI y SM y número total de casos positivos de VSR respecto al grupo etario para niños menores de 1 año de nacidos del departamento Capital de Tucumán.	110
B.2. Resultado de la relación de las variables satelitales LST, EVI, NDVI y SM y número total de casos positivos de VSR respecto al grupo etario para pacientes mayores de 1 año del departamento Capital de Tucumán.	111

Índice de cuadros

2.1. Adaptación de la información de los censos poblacionales en serie temporal.	15
2.2. Adaptación de la información de los censos poblacionales en serie temporal.	15
2.3. Valores de la variable independiente de la extrapolación lineal.	15
3.1. Estaciones seleccionadas de la WMO.	34
3.2. Resultados de la Regresiones lineales para algunos Departamentos y Partidos respecto a la Temperatura media de estaciones WWWP.	40
3.3. Resultados de la Regresiones lineales para algunos Departamentos y Partidos respecto a la Humedad Relativa de estaciones WWWP.	41
4.1. Resultados del modelado de los TDI respecto a la LST. En este caso se muestra los mejores resultados	58
4.2. Resultados del modelado de casos positivos de VSR respecto a la LST.	59
5.1. Departamentos y Partidos de los mejores resultados considerando el R^2 para AQ3_WKSM.002 (P-valor de intercepto y pendiente en columnas 7 y 8 respectivamente).	70
5.2. Departamentos y Partidos de los mejores resultados considerando el Pvalor para AQ3_WKSM.002(P-valor de intercepto y pendiente en columnas 7 y 8 respectivamente).	71
5.3. Resultados de la regresiones lineales y exponenciales de los TDI de ETI respecto a EVI	72
5.4. Resultados de la regresiones lineales y exponenciales de los TDI de ETI respecto a NDVI	73
5.5. Resultados de la regresiones lineales y exponenciales de los TDI de ETI respecto a cada VI.	80

6.1.	Departamentos y Partidos escogidos al azar reflejando el TDI y R^2. Los R^2 mas altos están en negrilla	86
6.2.	R^2 de los diferentes TDI obtenidos a partir de la regresión lineal entre Departamentos y Partidos notificados versus predichos hasta la SE 40 del 2014. Los R^2 más altos están en negrilla	87
1.1.	Resultado de las regresiones lineales elaboradas con datos de las estaciones WWWP para la temperatura média.	121
1.2.	Resultado de las regresiones lineales elaboradas con datos de las estaciones WWWP para la humedad relativa ambiental.	125
2.1.	Resultados de la regresiones lineales y exponenciales para Departamentos y Partidos respecto a LST para los TDIs de ETI (los mejores 4 modelos por región). . .	139
2.2.	Resultados de la regresiones lineales y exponenciales para Departamentos y Partidos respecto a LST para todos los TDIs de VSR.	141
3.1.	Resultados de la regresiones lineales y exponenciales para Departamentos y Partidos respecto a la humedad del suelo de Aquarius SAC - D que superaron un R^2 de 0.4	142
3.2.	Resultados de la regresiones lineales y exponenciales para Departamentos y Partidos respecto a NDVI.	159
3.3.	Resultados de la regresiones lineales y exponenciales para Departamentos y Partidos respecto a EVI.	192
3.4.	Resultados de la regresiones lineales y exponenciales múltiples para Departamentos y Partidos respecto a EVI y LST.	489

Capítulo 1

Introducción.

1.1. Epidemiología.

La epidemiología se ha definido tradicionalmente como el estudio de la distribución y los determinantes o los eventos de salud en poblaciones específicas y la aplicación de este estudio al control y prevención de los problemas de salud [1]. Su función es facilitar la identificación de grupos poblacionales y áreas geográficas que presentan mayor riesgo de sucumbir ante diversas enfermedades y que por tanto requieren de mayor atención ya sea preventiva, activa o de promoción de la salud.

El descubrimiento de John Snow en 1854 (1813-1858) fundamentó el surgimiento de la epidemiología, en este año este médico inglés demostró que el riesgo de cólera en Londres estaba relacionado con el consumo de agua suministrada por una empresa en particular, para ello empleó métodos descriptivos deductivos usando un mapa (Figura 1.1). Primero relacionando la agrupación de los casos con los canales hídricos de agua distribuidos en la ciudad y luego sobrestimando su efecto al constatar que un grupo de trabajadores de la cerveza que no se enfermaron declararon solo consumir ésta en vez de agua .

Desde entonces, la comparación de tasas de enfermedad en subgrupos de población humana se convirtió en una práctica común. Este enfoque fue aplicado inicialmente a la lucha contra las enfermedades transmisibles, pero resultó ser una forma útil de vincular las condiciones ambientales o agentes a enfermedades específicas [2].

En la segunda mitad del siglo XX, estos métodos fueron aplicados a las enfermedades crónicas no transmisibles, como las enfermedades cardíacas y el cáncer, especialmente en los países de medianos y altos ingresos. Generalmente varios factores contribuyen a la causalidad de las enfermedades. Algunos factores son esenciales para el desarrollo de una enfermedad y otros incrementan su riesgo de desenvolvimiento. Por esto, nuevos métodos epidemiológicos son necesarios para el análisis de estas relaciones causales [2].

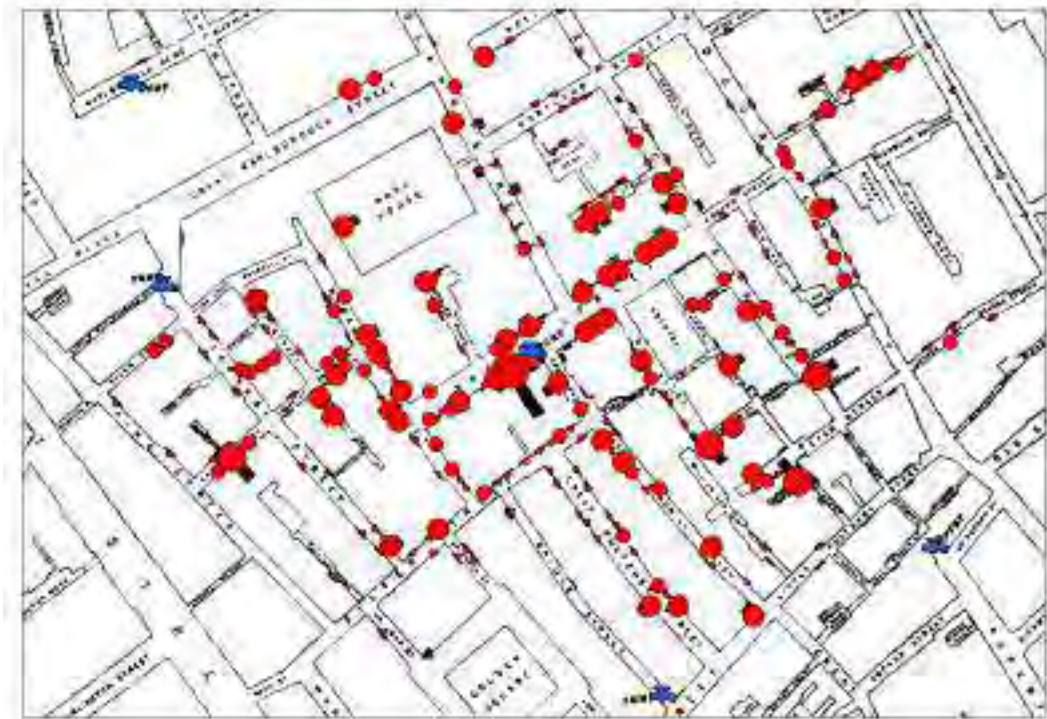


Figura 1.1: Mapa original del Dr. John Snow. Los puntos rojos son casos de cólera durante la epidemia en Londres de 1854. Las llaves representan los pozos de agua de los que bebían los enfermos.

1.1.1. Brotes epidémicos.

Epidemia se define como la manifestación de casos de una enfermedad, en una comunidad o región, con una frecuencia que exceda netamente la incidencia normal prevista. Para evitar el sensacionalismo que genera en la población se la hace referencia con los sinónimos de brote epidémico o brote [3].

El número de casos que indica la existencia de una epidemia varía con el agente infeccioso, el tamaño y las características de la población expuesta, su experiencia previa o falta de exposición a la enfermedad, y el sitio y la época del año en que tiene lugar. Por consiguiente, se entiende por epidemicidad a la variable que guarda relación con la frecuencia esperada de la enfermedad en la misma zona, entre la población especificada y en la misma estación del año. La aparición de un solo caso de una enfermedad transmisible que durante un lapso prolongado no había afectado a una población, o que invade por primera vez una región en la que no había sido diagnosticada anteriormente, requiere la notificación inmediata y una investigación epidemiológica. La presentación de dos casos de una enfermedad de esa naturaleza en la que exista una relación de lugar y tiempo constituye una prueba suficiente de transmisión para que se la considere como epidémica [4].

1.1.2. Medio ambiente y salud

El entorno humano se compone de elementos muy básicos: el aire que respiramos, el agua que bebemos, los alimentos que comemos, el clima que rodea nuestros cuerpos y el espacio disponible para nuestros movimientos. Además, el ser humano existe en un entorno social y cultural, que es de gran importancia para nuestra salud mental y física.

El medio ambiente juega un papel crítico en el desarrollo de enfermedades transmisibles y epidemias. Saneamiento general, temperatura, contaminación del aire y la calidad del agua son algunos de los factores que influyen en todas las etapas de la cadena de infección. Además, los factores socioeconómicos como la densidad de población, el hacinamiento y la pobreza, son de gran importancia [5].

La mayoría de las enfermedades son causadas, o bien potenciadas por la influencia de factores ambientales, por lo que es necesario el entendimiento de las formas en que los factores ambientales específicos pueden interferir con la salud, para diseñar programas de prevención eficaces [2]. La epidemiología ambiental proporciona una base científica para el estudio y la interpretación de las relaciones entre el medio ambiente y la salud de la población [5].

Los cálculos de la carga mundial de enfermedades usando epidemiología ambiental han demostrado la gran manera de cómo los factores ambientales contribuyen a la salud en general. Entre el 25% y el 35% de la carga mundial de la enfermedades puede ser causada por la exposición a factores ambientales [6] [7]. Los principales problemas de salud están asociados con el agua potable y saneamiento insalubres, la contaminación del aire en interiores debido al uso de energía de biomasa para cocinar y calentarse y la contaminación del aire urbano de los vehículos de motor y generación de energía eléctrica [7].

1.2. Salud publica y programas de salud

La salud pública, en términos generales, se refiere a las acciones colectivas para mejorar la salud de la población [2]. Los primeros estudios en epidemiología estaban preocupados con las causas (etiología) de enfermedades transmisibles, y tal trabajo sigue siendo esencial, ya que puede conducir a la identificación de los métodos de prevención. En este sentido, la epidemiología es una ciencia médica básica con el objetivo de mejorar la salud de las poblaciones, y especialmente la salud de los más desfavorecidos.

1.2.1. La causalidad de la enfermedad.

Aunque algunas enfermedades son causadas únicamente por factores genéticos, la mayoría son como se discutió con anterioridad resultado de una interacción entre factores genéticos y ambientales. Diabetes, por ejemplo, tiene

componentes tanto genéticos como ambientales. Se define por ejemplo el concepto de entorno ampliamente para incluir cualquier factor biológico, químico, físico, psicológico, económico o cultural que pueden afectar la salud [8]. Comportamientos personales afectan esta interacción, y la epidemiología se utiliza para estudiar su influencia y los efectos de las intervenciones preventivas a través de promoción de la salud.

Una buena atención médica es vital, pero los factores que pueden socavar la salud de las personas (como la posición social, las condiciones de vivienda y de riesgos del trabajo) deben abordarse para lograr un bienestar equitativo [9]. Las condiciones sociales y ambientales favorables también pueden conducir a comportamientos negativos, que puede afectar los niveles de los principales factores de riesgo de las principales enfermedades crónicas [10]. Como los límites de la medicina curativa se hacen evidentes y los costos de la atención médica aumentan en todos los países, la prevención de enfermedades está ganando importancia.

El estudio de causalidades en epidemiología ayuda a identificar las causas modificables de las enfermedades. La inferencia causal necesita tener en cuenta la enfermedad-causalidad en el individuo así como las contribuciones sociales, económicos, ambientales y políticos, que están más allá del control de los individuos. Los determinantes sociales de la salud son las condiciones en que viven y trabajan las personas [11]. Abordar los determinantes sociales de la salud es la manera más justa para mejorar la salud de todas las personas.

La limitación de recursos y el proceso de descentralización de los servicios de salud que ocurre en la mayoría de los países, exige programas epidemiológicos referentes al control y prevención en la población optimizados en el proceso de toma de decisiones [12]. Para ello, los programas requieren de un sistema de información ágil que les permita identificar áreas y/o poblaciones con mayores necesidades insatisfechas de salud, que sean sensibles los determinantes sociales de esa población en cuestión y consideren el entorno de la población susceptible, de manera que les facilite focalizar hacia esos grupos prioritarios su accionar táctico [12].

De esta necesidad nace el uso de mapas y productos basados en sistemas de Información Geográfica (SIG). Se ha estimado que cerca del 80 % de las necesidades de información de quienes toman decisiones y definen políticas en los gobiernos locales están relacionadas con una ubicación geográfica [13]. Es en este contexto que los SIG pueden ser considerados como una de las tecnologías existentes para facilitar los procesos de información y de toma de decisiones en los servicios de salud.

Los SIG pueden utilizarse para determinar patrones o diferencias de situación de salud ante perspectivas de agregación particulares, que van desde el nivel continental, pasando por el regional, nacional y departamental o distrital hasta el nivel local. Si se tienen recursos limitados y se tiene que decidir en donde situarlos, a este nivel se puede priorizar a quienes satisfacer en sus necesidades mas urgentemente que a otros.

1.3. Epidemiología Panorámica y Sistemas de Alerta temprana.

Además de la ubicación geográfica, existen factores del medio ambiente que significan un riesgo para la salud del ser humano, medio del cual forma parte y donde puede ser él mismo un factor modificador. Tener la visión del entorno o el paisaje que rodea al individuo que puede enfermarse es lo que generó el concepto de ecoepidemiología o epidemiología panorámica (landscape epidemiology) o sus sinónimos epidemiología de paisajes o epidemiología paisajística [14]. La Epidemiología Panorámica esta muy relacionada a la teledetección satelital, cuyo potencial permite identificar factores medio ambientales de influencia en la salud de la población con un alcance espacial y temporal que ninguna otra herramienta puede igualar.

La Epidemiología Panorámica y la posibilidad de detectar el cambio de los factores de influencia en la salud de la población a una escala espacial y temporal global aplicando SIG, hacen posible el desarrollo de un tipo especial de sistemas de prevención con el potencial de predecir o informar de los eventos epidemiológicos de importancia, conocidos como Sistemas Espaciales de Alerta Temprana, el presente trabajo se elabora con la finalidad de justificar el desarrollo y la aplicación de un sistema Sistemas Espaciales de Alerta Temprana para Enfermedades Respiratorias (ER) en Argentina, específicamente Enfermedades Tipo Influenza y el Patógeno Viral conocido como Virus Sincicial Respiratorio.

1.4. Motivación

Las enfermedades del aparato respiratorio son una gama de trastornos que afectan a los pulmones, tales como asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, Enfermedades Tipo Influenza, neumonía y tuberculosis, cáncer de pulmón y muchos otros problemas respiratorios. Las ER están diseminadas en todo el mundo, no existe factores de exclusión que limiten la aparición por lo que todo ser humano sufre alguna afección respiratoria al menos una vez en su vida.

Todos los años las ER son causantes de pérdidas millonarias en todo el mundo por motivos de atención primaria de salud e indisponibilidad física y laboral de los afectados y en el peor de los casos epidemias con un número considerable de víctimas mortales [15] [16], siendo los infantes menores de 5 años los principales afectados [17] [18] [19].

En Argentina esta situación se agrava pues en los últimos años ha habido un incremento en la frecuencia en la que las ER se diagnostican [20] sobretodo el diagnostico de Enfermedades tipo Influenza (ETIs) y el virus mas común entre ellas, el Virus Sincicial Respiratorio (VSR), en la gráfica 1.2 se puede apreciar los casos totales reportados para todo el país de ETIs y los resultados

que arrojaron positivo en los estudios de pesquisa para VSR para los años 2010 a 2013.

Agregado a lo anterior, en Argentina existe la problemática de que no existen herramientas de alerta temprana que permitan una eficiente toma de decisiones y distribución de recursos para combatir estas patologías como se comentó anteriormente. Las ER en Argentina representan la tercera causa de muerte en menores de 5 años y la cuarta en personas mayores de 20 a 64 años [20].

La alerta temprana sería determinante para combatir los efectos adversos que las ER generan, pero para esto una mejor comprensión de cómo variables atmosféricas, climáticas, sociales y poblacionales contribuyen en la incidencia de enfermedades respiratorias se necesita antes de que sistemas de alerta temprana exitosos se establezcan.

En la actualidad, existe la promoción de sistemas de alerta temprana del tipo geomático para ser utilizados con ciertos tipos de patologías como Dengue en el país [21]. De manera que se han identificado factores macro-ambientales que se relacionan con la incidencia de estas patologías y cuya determinación espacio-temporal puede ofrecer información en la posibilidad de propagación y aparición de las mismas (como temperatura, humedad, índices de vegetación, entre otros). En este caso las herramientas geomáticas e imágenes satelitales han jugado un papel crucial, permitiendo obtener información precisa de todo tipo de ambientes y lugares a lo largo de toda Argentina a una escala de espacio y tiempo que ningún otro tipo de herramienta o sensor podría igualar, si consideramos esta potencialidad se podía estar en presencia del tipo de sistema de alerta ideal para la alerta temprana de enfermedades respiratorias, que podría ser desarrollado.

De acuerdo con investigaciones consultadas, la incidencia de las ETIs y VSR están estrechamente vinculadas con factores climáticos y ambientales, aunque no existe un consenso en exactamente como el clima actúa potenciando la incidencia [22], donde la Temperatura Ambiental, la Humedad relativa, la cobertura de nubes entre otros factores han sido relacionadas satisfactoriamente con la incidencia de VSR y ETIs en zonas templadas cuya dinámica climática se asemeja a la de Argentina [22] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29] [30] [31] [32].

También se ha reportado estudios que relacionan características sociales, socioeconómicas y poblacionales con la incidencia de ciertos tipos de enfermedades respiratorias, estando las anteriores nombradas entre esas enfermedades para la República Argentina [33].

Resulta entonces oportuna y sustentada la iniciativa de desarrollar un sistema para la alerta temprana de las ER en Argentina basado en la relación espacio-temporal de variables macro-ambientales y climáticas. En este sentido, Se propone la elaboración de un trabajo de investigación con la finalidad de relacionar variables espacio-temporales climáticas y ambientales biogeográficas usando herramientas satelitales de escala regional y nacional respecto a tasas de incidencias de ER a nivel nacional, específicamente Enfermedades de tipo Influenzas (desde ahora ETIs) y el patógeno VSR, con la finalidad desarrollar si se puede, un sistema para la prevención y alerta temprana de las ER en

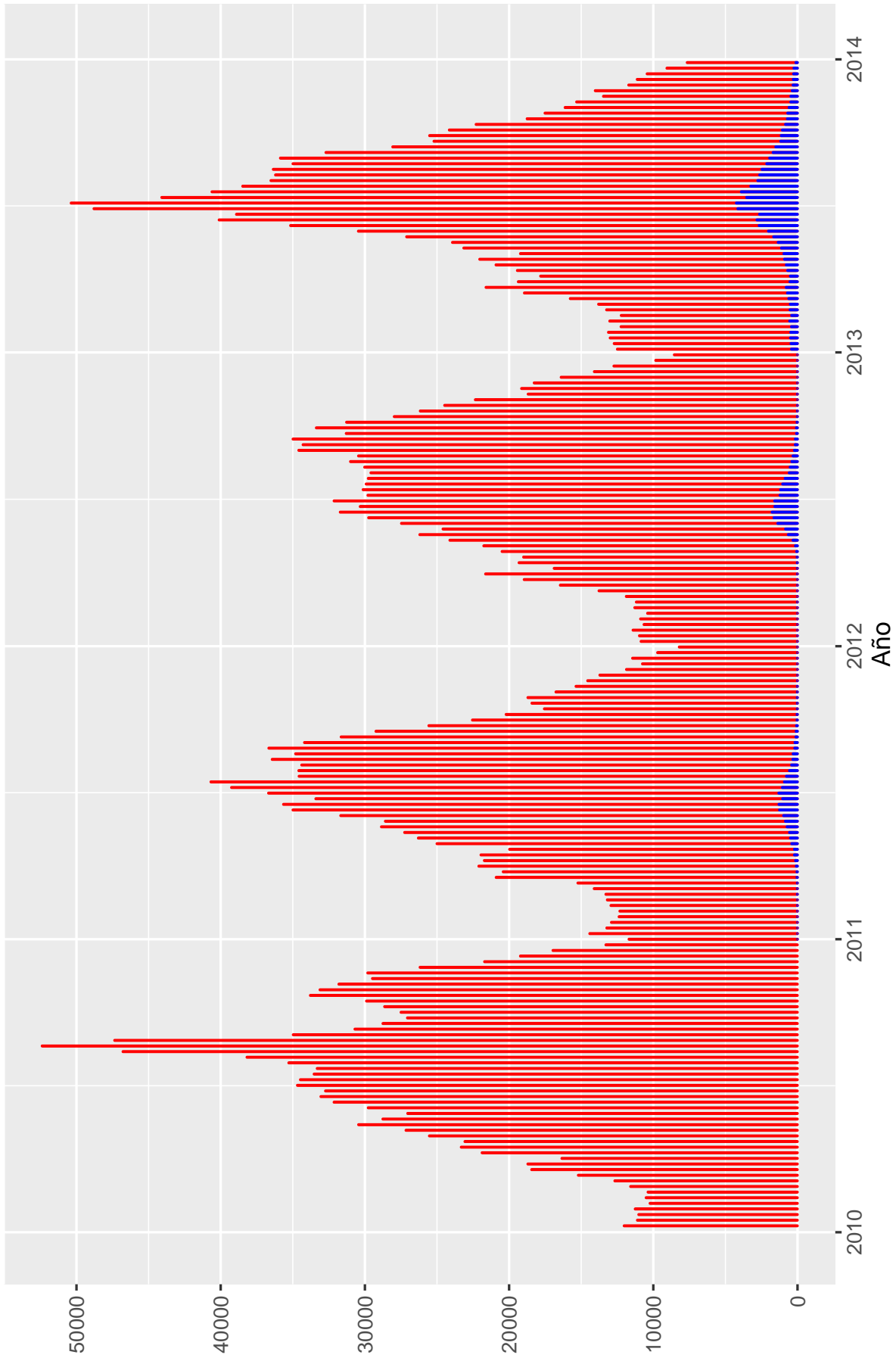


Figura 1.2: Casos diagnosticados de Enfermedades tipo Influenza (rojo) y reportados con Virus Sincial Respiratorio (azul) a nivel nacional.

Argentina usando herramientas satelitales. Un modelo para ER en Argentina proporcionaría un instrumento de gran practicidad y utilidad para la prevención y alerta de posibles riesgos inherentes a cambios climáticos y ambientales de las ER, que repercutirían en la distribución de recursos para fines hospitalarios, planes de concientización y medidas de prevención ciudadana.

1.5. Objetivos

Objetivo General.

Diseñar e implementar un proceso de modelado basado en herramientas geomáticas e información satelital, que sea funcional como sistema nacional de alerta temprana para enfermedades respiratorias, específicamente ETIs y el patógeno VSR.

Objetivos Específicos.

1. Recopilar la incidencia de las ETIs y VSR desde la primera semana epidemiológica de 2009 hasta la última de 2013 de cada una de las 24 Provincias y 513 Partidos y Departamentos además de la Capital Federal de la República Argentina, usando información suministrada por el Área de Vigilancia Epidemiológica de Argentina.
2. Evaluar la relación macro-ambiental de variables biogeográficas espacio-temporales, poblacionales y socioeconómicas de escala regional desde la primera semana epidemiológica (SE) de 2009 hasta la última de 2013 con influencia biogeográficas respecto a la incidencia de ETIs y VSR a nivel nacional.
3. Determinar modelos regresivos respaldados con estudios de significancia estadística de las variables biogeográficas espacio-temporales y socioeconómicas de escala regional recopiladas respecto a la incidencia de ETIs y VSR.
4. Comparar inferencialmente resultados obtenidos con los modelos regresivos de las variables biogeográficas espacio-temporales y socioeconómicas de escala regional desde la primera semana epidemiológica de 2009 hasta la última de 2013 respecto a la incidencia registrada en 2014.

Capítulo 2

Datos Socio-Sanitarios y Meteoreológicos

La investigación se centró en el análisis espacio-temporal de variables bibliográficas macro-ambientales y su relación con la densidad de incidencia de las ETIs y casos positivos ambulatorios e internados de VSR, con el fin de establecer bases para la elaboración de modelos que funcionen para la predicción y alerta temprana a nivel nacional, por Semana Epidemiológica (SE) y considerando factores de influencia poblacionales y sociales. Por cada Departamento y Partido de la República Argentina y la Capital Federal para el caso de las ETIs y por Provincia de la República Argentina en el caso de las VSR, desde la primera SE de 2009 hasta la última de 2013. Algunos conceptos de importancia son:

1. Modelo: representación parcial de la realidad que refleja algunas de sus propiedades. Los modelos son por lo tanto, simplificaciones, debidas a la necesidad de reducir la complejidad del objeto real como al desconocimiento general de muchas de sus propiedades.
2. Semana Epidemiológica (SE): es la escala temporal de estudio más común en epidemiología, donde una SE abarca los 7 días de la semana teniendo como primer día de la semana un Domingo y ultimo día un Sábado, cualquier incidencia o caso de estudio que se haya presentado en ese lapso de tiempo se considera de la SE en cuestión, estando entonces todos los casos incidentes promediados a la SE en el que se registraron.
3. Departamento o Partido: un Departamento es una división territorial de segundo orden y subdivisión de las Provincias Argentinas (subdivisiones de primer orden) y la Provincia de Buenos Aires, donde por razones históricas se las llama Partidos y en los cuales se encuentran disgregados las localidades, ciudades, pueblos y caseríos.
4. Capital Federal: formalmente Ciudad Autónoma de Buenos Aires (conocida como Capital Federal por ser sede del gobierno federal) es una de las veinticuatro entidades federales y capital de la República Argentina.

Está situada en la región centro-este del país, sobre la orilla occidental del Río de la Plata, en plena llanura pampeana. Es la mayor área urbana del país, la segunda de Sudamérica, Hispanoamérica y del hemisferio sur, y una de las 20 ciudades α del mundo.

2.1. Recopilación de las variables de estudio.

Haciendo una exhaustiva búsqueda y recopilación de información, se pudieron concretar cuatro grupos fundamentales de variables:

Variables climáticas de Estaciones Meteorológicas de Argentina.

Disponibles gracias al Programa de la Vigilancia Meteorológica Mundial (World Weather Watch Programmer WWWP). El WWWP tiene la finalidad de facilitar el desarrollo, funcionamiento y mejora de los sistemas de todo el mundo para la observación y el intercambio de observaciones meteorológicas y para la generación, difusión de análisis y productos de predicción, así como avisos de tiempo y información de advertencias operativas relacionadas. Está organizado funciona como un programa de cooperación internacional, en las que WWWP implementa y opera las infraestructuras, los sistemas y las instalaciones necesarias para la prestación de estos servicios por parte de los países miembros. Esto se basa en el entendimiento fundamental de que los sistemas climáticos y los patrones no reconocen las fronteras nacionales y están en constante evolución en diversas escalas temporales y espaciales, y que la cooperación internacional es de suma importancia, ya que ningún país puede ser totalmente autosuficiente en el suministro de todo tipo de clima, el agua y los servicios relacionados con el clima [34].

Los resúmenes y productos de datos de los países pertenecientes a la WMO están disponibles para uso libre y sin restricciones para educación, actividades no comerciales e investigación.

Variables extraídas de Productos Satelitales.

Debido a la escala macro-espacial a la que esta investigación corresponde, se requerían productos con una resolución espacial media o baja pero que fueran capaces de abarcar grandes extensiones de terreno con alta resolución temporal, en este aspecto los productos del sensor MODIS y los productos del Sensor Aquarius fueron los más idóneos para los requerimientos de esta investigación.

Registros del Instituto Nacional de Estadistas y Censos (INDEC).

Los valores censales INDEC suministraron la información referente a los factores poblacionales y socioeconómicos que se consideraron de influencia des-

pués de un estudio bibliográfico exhaustivo en la predicción de la incidencia de ETI y VSR nivel nacional.

Área de Vigilancia Sanitaria de la Dirección Nacional de Epidemiología.

En la República Argentina, la vigilancia sanitaria es llevada a cabo por la red del Sistema Nacional de Vigilancia Sanitaria (SNVS) que integra las estrategias de vigilancia centinela, que constituye el sistema integrado de notificación de ETIs, siendo esta de notificación obligatoria (C2). La dirección del Área de Vigilancia Sanitaria (AVS) del SNVS suministró la información de la incidencia de las ETIs y VSR, con la resolución espacial y temporal requerida para el desarrollo de la investigación.

2.2. Procesamiento general de la información.

Mucha de la información suministrada no poseía la resolución espacio-temporal necesaria al momento de su adquisición, por lo que transformaciones operacionales y procedimientos de procesamiento estadísticos y espaciales de forma y dimensión fueron necesarios, el procedimiento detallado de cada una de estas transformaciones operacionales se muestra a continuación.

2.2.1. Procedimientos de procesamiento de incidencia de ETIs a nivel nacional.

La variable cuyo precisión y exactitud era más crítica para la investigación, era la estimación nacional por Departamentos, Partidos y Capital Federal por SE de la incidencia de ETIs, la misma es una de las variables a predecir en todos los procedimientos estadísticos aplicados y de cuya estimación apropiada dependía el éxito de la investigación.

Extracción de datos, formato y resolución. El AVS suministró la información de incidencia semanal de ETIs a nivel nacional con la resolución espacial y temporal requerida por la investigación, de manera que no fue necesario algún tipo de procesamiento espacio-temporal sobre esta información.

En algunos casos existían valores de cero incidencias de ETI, esto debido a que la notificación por Departamento y Partido comenzaron de manera obligatoria desde el 2009 y la mayoría fueron incorporándose paulatinamente desde entonces, para fines del procesamiento se reemplazó con NA estos valores.

Hasta este momento inicial, puede descartarse un sesgo en la información debido a la notificación de la misma al SNVS al menos hasta la fase experimental, el reporte de incidencia o conteo es obligatorio en todo el país, esto da cierta garantía de respaldo de los datos respecto a la realidad del evento, al

menos hasta estudiar más detalladamente los resultados obtenidos y considerar pruebas que demostrasen deficiencias en el proceso de reporte y notificación.

2.2.2. Procedimientos de procesamiento de incidencia de VSR a nivel nacional.

El AVS suministró la información de incidencia de casos positivos semanales de VSR a nivel nacional con una resolución espacial provincial y temporal por semana epidemiológica.

Fue imposible un nivel mayor de resolución espacial debido a que cada dato de la muestra correspondía al registro del lugar en el cual se encuentra ubicado el establecimiento donde se realiza el estudio que consigue la muestra positiva de VSR y no se referencia geográficamente el origen del evento. La mayor o menor presencia de estos establecimientos en el país es lo que provoca que los resultados positivos del evento se registren en mayor o menor proporción en determinados puntos geográficos y no así la tasa de incidencia en sí de la enfermedad o su ubicación, por lo que solo una referencia geográfica provincial puede ser confiable y admisible en función de relacionar las variables de estudio a la incidencia de VSR a escala nacional.

Así pues, independientemente de los resultados de modelado, sería imposible utilizar cualquier modelo generado para VSR en esta investigación con fines predictivos, se hace obvio la existencia de un sesgo en el reporte de la información que hace diferir de gran manera los resultados reportados con la realidad del evento, no obstante los resultados obtenidos si fueron admisibles como una representación de la variación del evento respecto a las variables de estudio propuestas.

2.3. Procedimientos de procesamiento de incidencia de VSR a nivel nacional.

La estructura básica de cualquier indicador de tasa de incidencia se construye con el número de sucesos que ocurren en una población definida dividido por la población en riesgo de experimentar tal evento, todo esto para un lapso o espacio de tiempo determinado [35].

Hay tres tipos de medidas de incidencia que se definen según el tipo de denominador:

1. Medidas de incidencia, basadas en personas en riesgo o densidad de incidencia.
2. Medidas de incidencia basadas en unidades/tiempo, o propiamente dicha tasa de incidencia.
3. La combinación de ambas, es decir, relación tasa-densidad de incidencia.

Esta tasa-densidad de incidencia (TDI en adelante) manifiesta el potencial que una enfermedad tiene para cambiar el estado de salud al estado de incidencia en una población susceptible respecto al momento en que la población se encuentra en un estado de susceptibilidad definido, ocurriendo esto uniformemente [35]. Así, el denominador de esta medida de incidencia está en función de las unidades de tiempo, de manera que:

$$TDI = FP \frac{N(t)}{PTS(t)} \quad (2.1)$$

Donde: FP = fracción de la población en riesgo.

N= número de casos.

PTS= población total de personas en riesgo de desarrollar la enfermedad en función del tiempo.

Este último indicador de incidencia fue el indicador primordial utilizado en esta investigación, reemplazando:

- N: Número de casos de ETI y VSR en función de cada una de sus dependencias espaciales para un tiempo "t" igual a la SE en la cual se obtuvo ésta incidencia.
- PTS: población total de las dependencias espaciales de ETI y VSR respectivamente, considerando a ésta el total de personas susceptibles de desarrollar la enfermedad (debido a la naturaleza de las patologías involucradas esto es admisible) en función de un tiempo "SE".
- FP: una fracción correspondiente a 10^5 habitantes de cada una de las dependencias espaciales.

Este indicador de tasa-densidad de incidencia para las ETI queda:

$$TDI_{(ETI)} = 10^5 \frac{ETI_{(t,D,P)}}{Pobla_{(t,D,P)}} \quad (2.2)$$

Donde "t" denota el tiempo SE, "D" corresponde a un Departamento/Partido determinado o la Capital Federal y "P" es la dependencia de la ETI a ser afectada por la cantidad de población expuesta susceptible, a partir de este momento los datos expresados con éste indicador para ETIs se reconocerán como TDI(ETI). Ahora para la incidencia de VSR queda:

$$TDI_{(VSR)} = 10^5 \frac{VSR_{(t,Pro,P)}}{Pobla_{(t,Pro,P)}} \quad (2.3)$$

Donde "t" denota el tiempo SE, "Pro" corresponde a una Provincia determinada y "P" al igual que la ETI, es la dependencia de la VSR a ser afectada por la cantidad de población expuesta en riesgo, a partir de este momento los datos expresados con éste indicador para VSR se reconocerán como TDI(VSR).

Dado a la gran importancia de la población involucrada en la generación de los indicadores de incidencia, su correcta estimación fue un punto crucial en la investigación, su estimación y procesamiento se muestra a continuación.

2.4. Procedimientos de procesamiento de la población a nivel nacional.

En medida oficial, la cantidad de población en todas sus dimensiones en la República Argentina es estimada y gestionada por el INDEC. El INDEC garantiza la veracidad de la información en sus informes periódicos que reportan variantes de cambio en la población, por lo que fue el medio por el cual se obtuvo no solo la información del número de individuos de las distribuciones espaciales de interés, sino todas aquellas variables de interés socioeconómico que se podrían considerar de influencia para los resultados del modelado.

Extracción de datos, formato y resolución. En el portal web del INDEC http://www.indec.mecon.ar/nivel2_default.asp?seccion=Pid_tema=2 están disponibles todos los datos poblacionales a la resolución que se desee, se procedió a obtener la información de la población para cada Departamento, Partido y Capital de la República Argentina para los censos realizados en todo el país desde 1991 hasta la fecha, los cuales son:

1. Censo del 15 de Mayo al 25 de Mayo de 1991.
2. Censo del 17 y 18 de Noviembre de 2001.
3. Censo del 27 y 28 de Octubre de 2010.

Para adecuar la información poblacional a la escala temporal deseada (SE) se procedió a procesar la información adquirida INDEC de los censos poblacionales.

2.4.1. Procesamiento de la información adquirida INDEC de los censos poblacionales

Se basó en una conversión de la información a una serie temporal, lo que permitió su extrapolación e interpolación a través del tiempo sin modificar sus características espaciales, la serie temporal se construyó considerando un tiempo en medida de años, donde el inicio de la serie equivalía al año de elaboración del primer censo, y considerando a partir de entonces los años consecutivos en números enteros comenzando por el valor $n = 1$, por lo que el año de 1991 equivalió al valor de 1 y así sucesivamente, como se puede apreciar en la tabla 2.1.

Numeración serie temporal	1	11	20
Año de censado	1991	2001	2010

Cuadro 2.1: **Adaptación de la información de los censos poblacionales en serie temporal.**

Después de esto se procedió a dividir cada año en sus respectivas SE, cada año tiene entre 52 a 53 SE dependiendo de la disposición de los fines de semana al principio de cada año y si es año bisiesto, ahora bien, cada censo fue elaborado en un día y mes específico del año, éste día específico corresponde al transcurso de una SE específica en ese año, el paso siguiente fue designar a cada día y mes de cada año un lugar en la SE en cuya fecha transcurría. Haciendo el cálculo considerando la primera SE del año 1991 como el valor de la unidad y así sucesivamente hasta alcanzar el último año, se designaron SE a los registros censales usando su fecha de elaboración, los resultados para los registros censales se pueden apreciar en la tabla 2.2.

Numeración serie temporal	20	545	1034
Año de censado	15/05/1991	17/11/2001	28/10/2010

Cuadro 2.2: **Adaptación de la información de los censos poblacionales en serie temporal.**

De esta manera, se pudo asignar una SE a cada valor de población por Departamento, Partido y Capital Federal extraídos del portal web de INDEC.

Ya habiendo designado una SE a cada registro censal de la serie temporal con las características espaciales deseadas para la investigación, era necesario generar una extrapolación de estos registros censales, puesto que el último censo fue elaborado en 2010 y la investigación tiene un alcance hasta 2014 y más. Se procedió a la extrapolación de la variable independiente en una función de serie aritmética, el valor arrojado se muestra en negrilla en la tabla 2.3.

Numeración serie temporal	20	545	1034	1547
---------------------------	----	-----	------	-------------

Cuadro 2.3: **Valores de la variable independiente de la extrapolación lineal.**

Extrapolación de la Variable dependiente población de las regiones de interés. Se procedió a la extrapolación de la variable dependiente, considerando la tendencia de cambio de la población, la población de una región debido a circunstancia intrínsecas sociales, económicas, culturales, entre otras, desarrolla cierta tendencia de cambio que la lleva a un aumento, disminución o permanencia de su población. Para extrapolar a la población de cada región de estudio se consideraron todos los casos de cambio posibles, considerando los tres registros censales:

1. Cuando los tres registros censales mostraban un crecimiento en la población, se extrapoló un punto que reflejaba el crecimiento utilizando la

forma de la función matemática que esos tres puntos definían (lineal, exponencial, polinómica).

2. Cuando el segundo de los tres registros mostraba un decrecimiento respecto al primero, pero al tercero la población de la región de interés volvía a aumentar, se consideró una tendencia lineal de crecimiento usando los dos últimos registros censales para generar un cuarto que reflejara una población en crecimiento.
3. Cuando el segundo de los tres registros mostraba un crecimiento respecto al primero, pero al tercero la población de la región de interés volvía a disminuir, se consideró extrapolar usando la media aritmética de los tres registros censales, esto considerando el comportamiento de la población en mantenerse y crecer.
4. Solo cuando los tres registros censales mostraban un decrecimiento en la población, se extrapoló un punto que reflejaba el decrecimiento utilizando la forma de la función matemática que esos tres puntos definían (lineal, exponencial, polinómica).

Cabe destacar que el crecimiento poblacional no es tan regular como una función matemática, no obstante ningún registro bibliográfico que desestimara aproximar los cambios de la población a una función que exprese dicho cambio matemáticamente fue encontrado, de hecho es una práctica común expresar los cambios poblacionales en función de una descripción matemática.

Ya terminado el proceso de extrapolación, se poseían un número de variables que contenían cuatro valores de tiempo SE con sus respectivos valores poblacionales, el paso siguiente fue interpolar usando los puntos obtenidos para todas las SE de interés, el procedimiento se describe a continuación.

Interpolación de los registros censales de la población.

Una función de splines cúbicos cuyo valores independientes era las SE ajustadas a los registros censales y dependientes por región de interés para cada una de las SE desde la primera de 2009 hasta la última de 2014 fue elaborado. Como resultado final se obtuvo un ajuste de la población para cada SE de cada región de interés, ya sea los Departamentos, Partidos, Capital Federal o las Provincias (dependiendo si se usa para cálculos TDI de ETI o VSR).

La adquisición de la data espacializada y temporalizada de ETI, VSR y la población permitió el cálculo de los indicadores de incidencia básicos con la que una investigación epidemiológica puede contar, no obstante la naturaleza multivariable y estocástica de los fenómenos en estudio, aunado al hecho de que comprobados factores socioeconómicos y sociales generan dinámicas que afectan el potencial de incidencia de las enfermedades virulentas [33], hicieron necesario la generación de índices de incidencia más robustos considerando estos factores.

2.5. Indicador de incidencia considerando la variabilidad poblacional.

Por diversos factores sociales y recreacionales la cantidad de personas que se encuentra en una región determinada puede aumentar o disminuir drásticamente en periodos cortos de tiempo, sobre todo si la región en cuestión tiene cualidades que la hacen atractiva turísticamente.

La República Argentina se caracteriza por ser un país con muchísimas opciones para la recreación y el turismo, dando como resultado que un gran número de personas se desplacen desde el exterior al país y de un lugar a otro en el interior del país en fechas vacaciones, aumentando así la cantidad de personas susceptibles en una región determinada y disminuyendo esta cantidad cuando el periodo vacacional termina.

La incidencia de las enfermedades estudiadas en esta investigación aumentan respecto al número de personas susceptibles en una región, aseveración que puede comprobarse en la figura 2.1 al relacionar TDI(ETI) y TDI(VSR) considerando el total de casos de 2013 respecto al número de personas susceptibles por cada Provincia Argentina en el mismo año. Las variaciones de la población debido al factor de influencia en la dinámica de la población “turismo” debieron ser consideradas, para eso se elaboró una búsqueda exhaustiva del indicador más apropiado para describir a este nuevo factor considerado, y nuevamente los datos disponibles del INDEC arrojaron la solución más idónea.

El INDEC elabora anualmente encuestas de Turismo en toda Argentina, que abarca ramos como turismo internacional y ocupación hotelera, siendo esta última de interés para esta investigación. En la encuesta de Ocupación Hotelera (desde ahora OH) elaboran registros como los datos de habitaciones ocupadas por localidades turísticas y regiones argentinas, entre otros, además más importantes aun el ítem número ocho en la metodología de encuesta, que tiene por nombre “viajeros”.

El INDEC define este ítem como; “toda persona que se ha trasladado de su lugar de residencia habitual por razones de diversa índole, tales como el ocio, los negocios, la visita a familiares o amigos, entre otros; que realiza una o más pernoctaciones seguidas en el mismo establecimiento hotelero o para-hotelero y que abona por tal servicio. Un bebé que se aloja sin cargo no se considera viajero porque no ocupa una plaza” [36]. Este registro fue ideal para elaborar un indicador de incidencia más robusto considerando la población turística expuesta.

Extracción de datos, formato y resolución. En el portal web del INDEC están disponibles todos los datos de OH desde 2001 hasta 2013, las encuestas se realizan cada “mes de ocupación hotelera” mostrando todas aquellas localidades argentinas consideradas turísticas, además del total por regiones turísticas de Argentina, siendo estas:

- Centro.

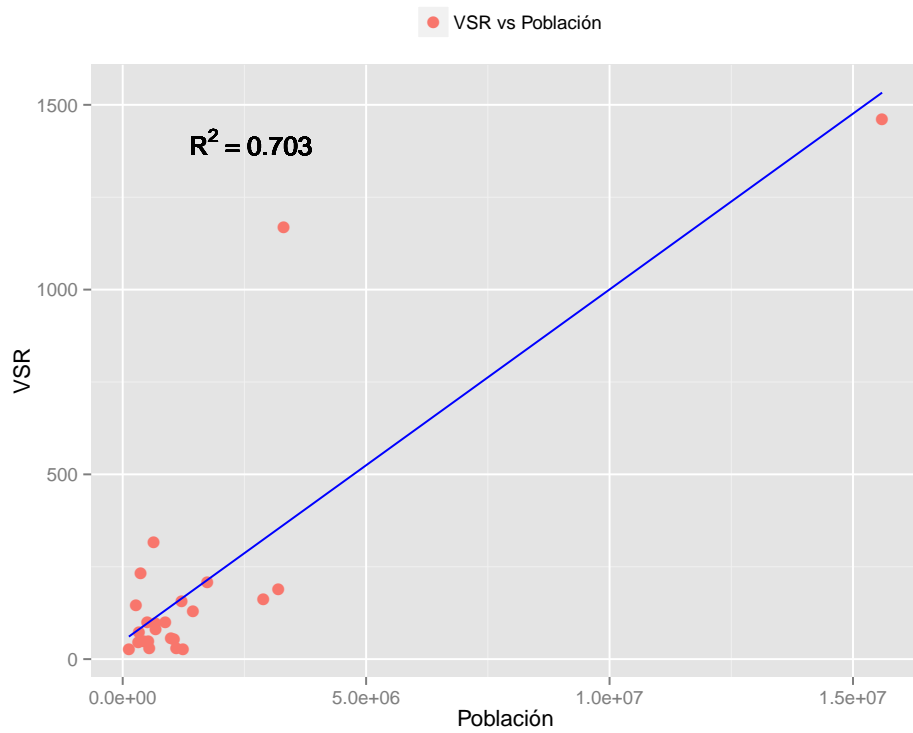
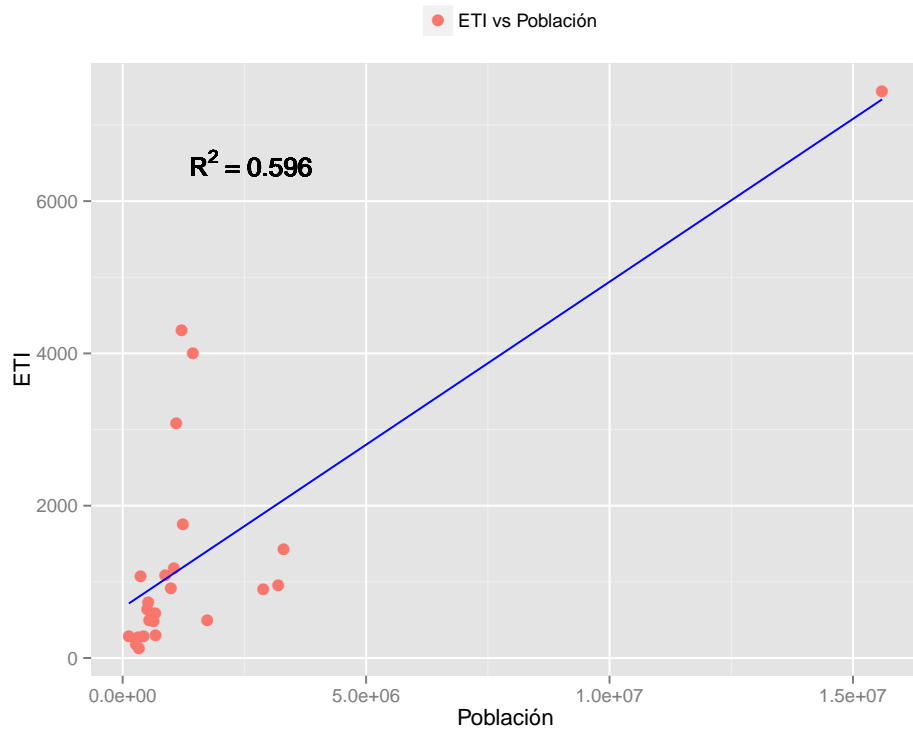


Figura 2.1: Tasa Densidad de Incidencia de ETI y VSR respecto a la población de cada Provincia (Total de casos respecto a total población susceptible local). La incidencia de las enfermedades estudiadas aumentan respecto al número de personas susceptibles en una región.

- Litoral.
- Norte.
- CUYO.
- Patagonia.
- Buenos Aires.

Para adecuarse a los requerimientos espaciales y temporales del proceso experimental, esta información debió ser tratada especialmente y procesada.

2.5.1. Procesamiento de la información OH.

El procedimiento general de procesamiento y adaptación de la información OH se basó en una conversión de la información a una serie temporal con la unidad de tiempo “mes de ocupación hotelera”, para luego disolver la información de localidades y regiones argentinas a Departamentos y Partidos, excepto para la Capital Federal para la cual ya estaba especializada la información de la OH en cuestión.

Dado a que los resultados de las encuestas son recopilados hasta final de mes, se garantizaba que la información obtenida correspondía a un mes en su totalidad y no una fracción de la información mensual, el total mensual entonces considerando las SE de cada mes se asigno a la última semana SE del mes en cuestión, así se obtuvo una medida del registro censal en SE para cada región.

Cada localidad turística registrada en las encuestas OH del INDEC pertenece a un Departamento o Partido de la República Argentina, al aumentar o disminuir la población en esas localidades debido a la dinámica turística, el Departamento a la que pertenecen siendo una división territorial superior se ve afectado de la misma manera que esas localidades, bajo este hecho se le asignaron los valores OH de las localidades turísticas a los Departamentos a las que pertenecían. Habían casos donde varias localidades involucradas por Departamento por lo que la asignación de OH de ese Departamento era la suma de los valores OH de todas las localidades turísticas en el, conformando así Departamentos turísticos de Argentina.

Cada región turística registrada en las encuestas OH del INDEC está formada por un conglomerado de Departamentos pertenecientes a las diferentes Provincias argentinas que conforman cada región, ya habiendo asignado las localidades turísticas a sus respectivos Departamentos solo restaba asignar a todos aquellos Departamentos no considerados en la encuesta INDEC un valor de OH, para esto se utilizó el valor total de cada región turística argentina y se

le sustrajo el valor de todos los Departamentos turísticos que la conformaban, de manera que:

$$OH_{(Region\ turistica)} - \sum_{i=1}^n OH_{(Departamentos\ turisticos)} = OH_{(Departamentos\ restantes)} \quad (2.4)$$

No existiendo un factor de peso estadístico que influyera en la disgregación de los valores de los Departamentos restantes, puesto que cualquier dimensión espacial o cantidad de población u otros que posea cada Departamento no es influyente en la decisión colectiva de considerarlo un sitio turístico, una distribución equivalente del total de OH para los Departamentos restantes fue la mejor elección para designar un valor OH a cada Departamento, de manera que:

$$OH_{(Departamento\ restante)} = \frac{OH_{(Departamentos\ restantes)}}{N_{(Departamentos\ restantes)}} \quad (2.5)$$

Ya habiendo distribuido la población viajera de la OH en todos los Departamentos del país, se procedió a elaborar la interpolación para pasar de una sola SE por mes (la última como se comentó anteriormente) a las 4 SE que conforman un mes. La interpolación requirió la utilización de un método de spline cúbico idéntico al elaborado para los valores de población, donde los valores OH de viajeros por región de interés se asignaron para los datos dependientes y la última SE por mes como variable independiente. Como resultado final se obtuvo un ajuste de la variable OH para cada SE en cada región de interés, ya sea los Departamentos, Partidos o Capital Federal.

La construcción del indicador de incidencia de cada una de las patologías estudiadas entonces, se construyó adicionando a la población regular de la región la cantidad de personas viajeras para esa región de interés en una SE determinada, de manera que el indicador construido para ETI en el país queda:

$$TDI(ETI, OH) = 10^5 \frac{ETI_{(t,D,P)}}{Pobla_{(t,D,P)} + OH_{(t,D,P)}} \quad (2.6)$$

Donde “t” denota el tiempo SE, “D” corresponde a un Departamento o Partido determinado o la Capital Federal y “P” es la dependencia de la ETI a ser afectada por la cantidad de población expuesta en riesgo, desde ahora los datos referentes a este indicador se conocerán como TDI(ETI,OH).

Un indicador similar no se construyó para describir la incidencia de VSR, puesto que VSR es una enfermedad que incide mayormente en niños, y este indicador construido con el ítem “viajeros” de la encuesta de OH descarta el registro de posibles individuos de interés para VSR al definir que “un infante que se aloje gratis no se considera viajero” [36] y la mayoría de los niños menores de 5 años se alojan gratis en la mayoría de los establecimientos hoteleros en el país.

Cabe destacar que no existe un registro elaborado por INDEC u otros entes que en la actualidad arroje información acerca de la procedencia de las personas “viajeras” que se trasladen a esos puntos turísticos, por lo que estimar la cantidad de personas que dejan determinada región para trasladarse a otra es virtualmente imposible, así pues una estimación de la despoblación de la población fue descartada para esta investigación, aunque no cabe duda que hubiera sido de gran interés investigativo.

Este ultimo indicador construido es más robustos considerando el peso que ejerce los individuos considerados en riesgo, no obstante factores socioeconómicos relacionados a la calidad de vida de las personas, son de carácter aun más influyente que la misma cantidad de estos individuos en si, donde existe una cantidad de individuos cuya calidad de vida y situación socioeconómica les conceden cierta vulnerabilidad a ser afectados más rápidamente en época de epidemia que individuos con una calidad de vida más alta [30], por lo que se hizo necesario considerar estos factores en la generación de indicadores de incidencia de las patologías, el proceso de elaboración de los mismos se muestra a continuación.

2.6. Indicador de incidencia considerando la vulnerabilidad de la población de interés.

En la Argentina actual, existe una gran cantidad de la población que aun vive en condiciones de pobreza, dependiendo de qué lugar o zona Argentina se haga referencia puede existir más o menos personas en condiciones de pobreza.

Si consideramos que el potencial de virulencia de las enfermedades de interés para esta investigación podría aumentar en las personas con un nivel bajo de calidad de vida [37], debieron ser consideradas estas vulnerabilidades al momento de diseñar indicadores de incidencia robustos con todas las consideraciones de variables de influencia posibles, para eso nuevamente se elaboro una búsqueda exhaustiva del indicador más apropiado para describir a esta nueva variable considerada.

Fueron los datos disponibles del INDEC los que arrojaron la solución más idónea nuevamente. En los censos de 1991, 2001 y 2010, se obtuvieron registros de lo que se conoce como “población con necesidades básicas insatisfechas” (NBI), El INDEC comenta sobre este ítem “NBI permite la delimitación de grupos de pobreza estructural y representa una alternativa a la identificación de la pobreza considerada únicamente como insuficiencia de ingresos. Por medio de este abordaje se identifican dimensiones de privación absoluta y se enfoca la pobreza como el resultado de un cúmulo de privaciones materiales esenciales” [36].

Así pues, NBI no es solo referida al ingreso de la población involucrada, sino refleja un conjunto de privaciones que arrojan a las personas a condiciones de vida marginadas. Por lo que el NBI fue ideal para elaborar un indicador de incidencia más robusto, una evaluación de la relación entre la incidencia de

ETI respecto a los valores NBI para la SE en la cual se elaboró el censo de 2010 por Provincia Argentina se puede apreciar en la figura 2.2. Como se ve la relación muestra una fuerte dependencia lineal de ETI en función del NBI.

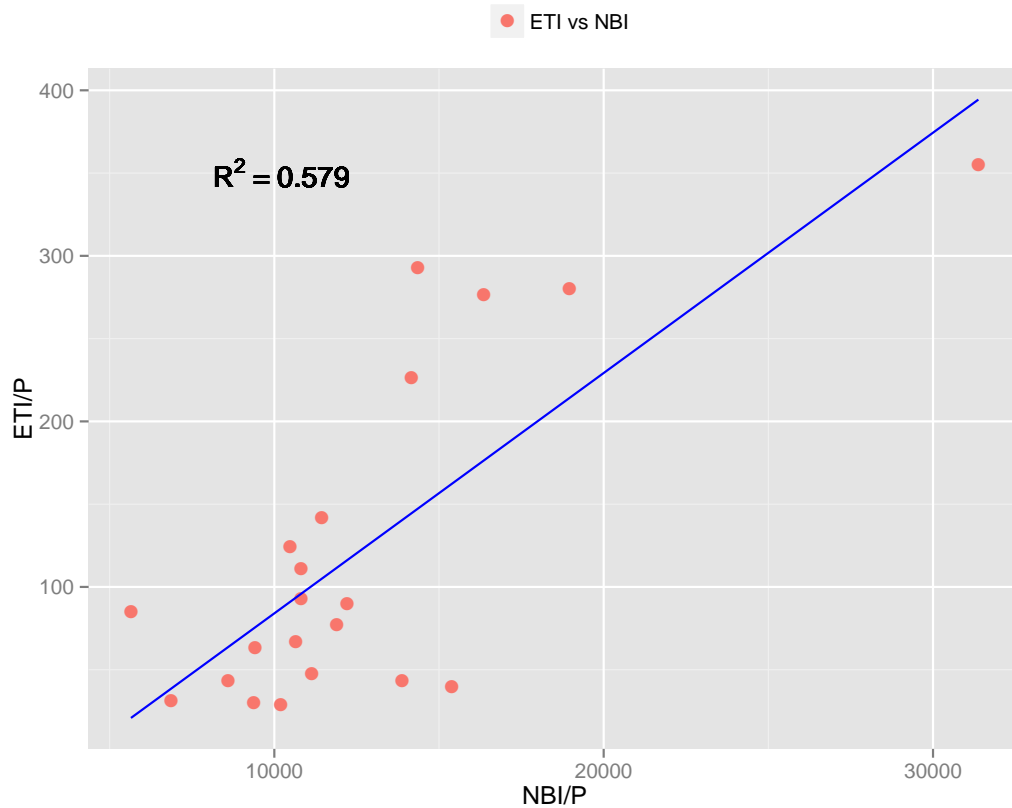


Figura 2.2: Descripción gráfica entre la incidencia de ETI respecto a los valores NBI por Provincia Argentina. Estos datos corresponden a la SE 43 de 2010, fecha en la que se elaboró el censo nacional.

Un indicador de incidencia considerando la vulnerabilidad de la población para VSR, también es factible usando NBI, la mayoría de los casos de VSR positivos se registran para niños menores de 5 años, donde los bebés nacidos con menos de 2500 grms, con madres menores de 20 años y con un nivel bajo de escolaridad son más propensos a la incidencia de la enfermedad [37]. Un estudio exhaustivo de las características socioeconómicas intrínsecas a las condiciones anteriores muestran que la mayoría de los bebés nacidos con menos de 2500 grms, con madres menores de 20 años y con un nivel bajo de escolaridad se encuentran en condiciones de NBI, Si se considera a NBI respecto a la incidencia de casos positivos de VSR a nivel nacional, se obtuvo la relación descrita en la gráfica 2.3 que muestra una relación positiva lineal entre la población en condiciones NBI y la incidencia de casos positivos de VSR, lo que asegura la viabilidad de NBI para describir el fenómeno de vulnerabilidad de la población que se encuentra en condiciones adversas de calidad de vida respecto a la incidencia de casos positivos de VSR a nivel nacional.

Considerando entonces al NBI como estimador de la vulnerabilidad de la

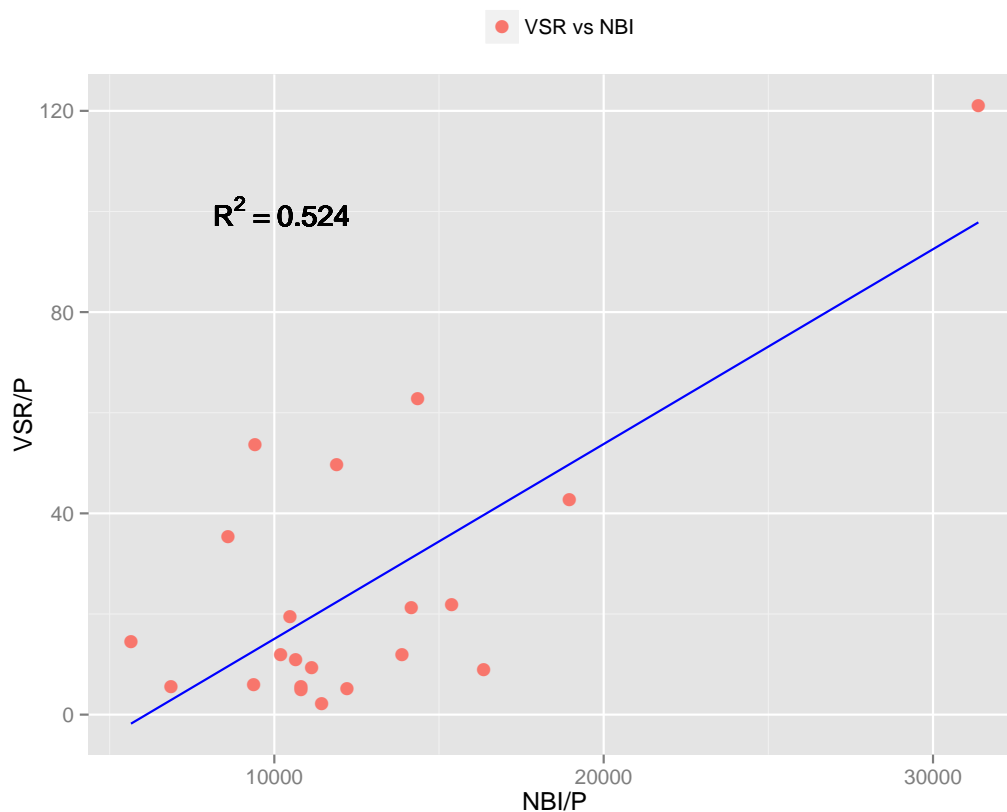


Figura 2.3: Descripción gráfica entre la incidencia de VSR respecto a los valores NBI por Provincia Argentina. Estos datos corresponden a la SE 43 de 2010, fecha en la que se elaboró el censo nacional.

población que vive en condiciones marginadas.

Extracción de datos, formato y resolución. En el portal web del INDEC están disponibles todos los datos de NBI para los censos elaborados en 1991, 2001 y 2010, por Provincia Argentina para cada fecha censal, para ajustar la información NBI a la escala espacial y temporal deseada (Departamentos y SE) se procedió a procesar la información adquirida INDEC de los censos poblacionales como se muestra a continuación.

2.6.1. Procesamiento de la información adquirida de NBI de los censos poblacionales.

El procedimiento general de procesamiento y adaptación de la información NBI, es muy similar al procedimiento elaborado para los valores de población, se basó en la conversión de la información a una serie temporal, lo que permitió su extrapolación e interpolación a través del tiempo sin modificar sus características espaciales, la serie temporal se construyó considerando un tiempo en medida de años, tal y como se realizó anteriormente para la población.

Ya habiendo designado una SE a cada registro censal de la serie temporal, se generó una extrapolación de estos registros censales tal y como se procedió con los valores de población, usando los valores de SE generados con una función de serie aritmética como variable independiente y los valores NBI extrapolados dependiendo de su cambio a través del tiempo como variable dependiente, para luego ser interpolados usando un spline cubico en cada SE de interés, no obstante debió hacerse un procesamiento especial basado en la disgregación espacial usando una distribución equitativa de la información respecto a la población, para convertir datos espacializados provincialmente en datos espacializados por Departamento o Partido de la República Argentina (necesarios para trabajar con ETI, los valores de Capital Federal son adquiridos directamente).

2.6.2. Disgregación del NBI usando como factor de peso la cantidad poblacional de la región de interés.

En el registro censal del INDEC, donde los valores de NBI se muestran divididos por Provincias, se hace obvio que este se muestra como la suma de los Departamentos censados en cada Provincia, considerando esto se obtuvo el porcentaje de la población que cada Departamento representa de la Provincia a la que pertenecen usando:

$$P_{(t,D)} = \frac{PoblaciondelDepartamento_{(t)}}{Poblacionde la Provincia_{(t,D)}} \quad (2.7)$$

Donde $P_{(t,D)}$ representa el porcentaje de la población de cada Departamento por separado respecto a la Provincia a la que pertenecen en un tiempo "t" equivalente a cada SE, la suma de todos los de los Departamentos que conforman una Provincia en específico es igual a uno para cada fracción de tiempo SE.

Puesto que no se encontró un factor de peso estadístico que influyera en la disgregación de los valores, se decidió distribuir equitativamente la información obtenida del portal INDEC usando el factor de ponderación de población de cada Departamento respecto a la Provincia a la que pertenecen, de manera que:

$$NBI_{(t,Pro)} * P_{(t,D)} = NBI_{(t,D)} \quad (2.8)$$

De esta manera se obtuvieron valores ajustados a las condiciones espaciales y temporales requeridas por la investigación.

Se debe acotar que el anterior procedimiento es un ajuste considerando los datos de libre acceso, NBI es un tipo de dato "políticamente sensible" al cual se ha restringido su acceso publico, en la realidad en cada Provincia existen Departamentos que albergan a mucha mas población NBI que otros, lo anterior descrito no contempla esta posibilidad. No obstante fue la mejor manera de

llevar a cabo un análisis de NBI y estudiar como interacciona este con las patologías estudiadas, el cual es de carácter estrictamente prospectivo pero considerando la finalidad de este trabajo, que engloba las bases para un posible modelo de enfermedades respiratorias, este estudio es admisible.

La construcción del indicador de incidencia de cada una de ambas patologías estudiadas entonces, se construyó elaborando una serie de consideración las cuales son:

1. Se sustrae a la población de cada Departamento, Partido (excepto Capital federal, cuyo valor es dado directamente) la cantidad de personas en condiciones de NBI según la metodología de disgregación anteriormente referida.
2. Esta población considerada susceptible, es ponderada con un factor de peso que manifieste dicha susceptibilidad, revisando exhaustivamente las referencias bibliográficas disponibles e investigaciones elaboradas para la República Argentina, se consiguió una referencia que hacía énfasis en el aumento de la probabilidad de incidencia en las personas que conforman el estrato NBI de hasta 100 % para ambas patologías estudiadas en esta investigación [37], por lo que se consideró multiplicar por un factor de peso de $W = 2$ en función de la distribución espacial y temporal a la población susceptible.
3. La población susceptible ya ponderada por el factor de peso, se añade nuevamente a la población de la región.

De manera que después de aplicar todas estas consideraciones respecto a cada SE de interés, el indicador construido para ETI en el país queda:

$$TDI_{(ETI,NBI)} = 10^5 \frac{ETI_{(t,D,P)}}{Pobla_{(t,D,P)} - NBI_{(t,D,P)} + (NBI_{(t,D,P)} * W_{(t,D)})} \quad (2.9)$$

Y si consideramos la incidencia de VSR queda:

$$TDI_{(VSR,NBI)} = 10^5 \frac{VSR_{(t,Pro,P)}}{Pobla_{(t,Pro,P)} - NBI_{(t,Pro,P)} + (NBI_{(t,Pro,P)} * W_{(t,D)})} \quad (2.10)$$

Ahora bien, si consideramos la influencia de la ya establecida variable turística OH para ETIs, el indicador completo considerando la influencia de los factores de variación y susceptibilidad de la población escogidos, queda:

$$TDI_{(ETI,OH,NBI)} = 10^5 \frac{ETI_{(t,D,P)}}{Pobla_{(t,D,P)} + OH_{(t,D,P)} - NBI_{(t,D,P)} + (NBI_{(t,D,P)} * W_{(t,D)})} \quad (2.11)$$

Donde “t” denota el tiempo SE, “D” corresponde a un Departamento, Partido determinado o la Capital Federal y “P” es la dependencia de la ETI a ser afectada por la cantidad de población expuesta en riesgo, a partir de ahora los datos expresados con éstos indicador para ETIs y VSR se reconocerán como TDI(ETI, NBI), TDI(VSR, NBI) y TDI(ETI, OH, NBI) respectivamente.

Ya habiendo diseñado y construido todos los indicadores de incidencia considerando las variables y estimadores que influyen en la incidencia de ETI y VSR evaluadas en esta investigación, se procedió a analizar la variación de la incidencia de la enfermedad en relación con los factores macro-ambientales, para ello consideraciones y procesamientos especiales avanzados fueron requeridos.

2.7. Factores macro-ambientales.

Los factores macro-ambientales son todos aquellos factores biogeográficos de escala superior que influyen directamente en la incidencia de una patología, en este caso ETI y VSR, como se ha mencionado con anterioridad una exhaustiva investigación ha proporcionado una lista de variables macro-ambientales de gran interés para la investigación, una reseña de ellas a continuación.

Temperatura.

La temperatura ha sido reseñada en una gran cantidad de investigaciones como un factor climático principal en la variación e incidencia de la mayoría de las patologías vectoriales y virulentas [17] [19] [20] [21] [23] [29], y caso especial las enfermedades respiratorias. Argentina posee regiones climáticas de gran diversidad, pero un hecho común en toda la región son los cambios de temperatura anuales debido al cambio de estaciones, siendo el invierno la estación con el mayor registro de ETI y VSR en el país.

Humedad Relativa Atmosférica.

La humedad relativa junto a la temperatura ha sido reseñada en una gran cantidad de investigaciones como un factor climático de influencia en la variación e incidencia de muchos tipos de enfermedades e infecciones respiratorias [17] [19] [20] [21] [23] [29] entre ellas el VSR, estudiar la variación de la misma junto a la temperatura y evaluar el comportamiento de la incidencia de ambas patologías estudiadas fue de gran interés para esta investigación.

Cobertura de Nubes.

En un trabajo especial elaborado para la población de Bolonia en Italia, al que ya se ha hecho referencia [27], la cobertura de nubes tuvo un notorio impacto en la incidencia de VSR en esa región en especial, la variación en la

proporción de la cobertura de nubes a lo largo del periodo de estudio a partir de esta referencia fue entonces probado y valorado en esta investigación.

Humedad del Suelo.

Las herramientas satelitales brindan un sinfín de oportunidades, entre ella la posibilidad de obtener mediciones de alta resolución de la humedad del suelo, su estadio en relación a ambas patologías estudiadas en esta investigación no tiene precedente, mas las características de infección y propagación hicieron de esta variable un candidato para su verificación en relación a ambas patologías estudiadas.

El motivo de que un producto de humedad del suelo fue usado es debido a que se puede considerar un proxy a la humedad relativa atmosférica, pero con un alcance espacial que una estación meteorológica nunca podría alcanzar.

Índices de vegetación.

Los índices de vegetación son medidas cuantitativas, basadas en los valores digitales, que tienden a medir la biomasa o vigor vegetal, establecer este parámetro es de gran utilidad para la epidemiología, puesto que la dinámica de cientos de enfermedades dependen de esta, entretanto no se encontró referencias que hagan énfasis en la utilidad para describir la dinámica de las enfermedades tratadas en esta investigación, no obstante en la bibliografía se referencia que cambios en la cobertura vegetal del suelo se asocian a la reincidencia de enfermedades [38] [39].

Considerando que la flora de un lugar afecta directamente a la fauna de la misma (incluyendo la actividad humana), que existen influencias y otros virus respiratorios animales que pueden migrar a la población humana, donde las sequías y otros eventos de la cobertura vegetal pueden propiciar los encuentros entre humanos y especies infectadas [29] y que la estacionalidad de la cobertura del suelo es un referente de los cambios ambientales estacionales (es normal una disminución del vigor de la vegetación, entrada la época de invierno por ejemplo), por ende, este estudio planteó la evaluación de las mismas lo cual no tiene precedentes, para establecer una valoración de la relación con la incidencia de las enfermedades estudiadas.

2.8. Relación de factores a las incidencias de VSR y ETI a nivel nacional.

La investigación se basó en examinar la razón de cambio de una variable o grupo de variables dependientes respecto a factores de influencia para así obtener una función regresiva que describa el comportamiento general de estas variables dependientes, pudiéndose aplicar dicha función para predecir el

comportamiento de las variables usando condiciones de control y trazabilidad similares a las presentes al momento de su diseño.

El tratamiento general para esta investigación se basó en la regresión lineal simple y múltiple de los valores obtenidos para las escalas de tiempo y espacio ya mencionadas, de la tasa de incidencia respecto a todos los factores macro-ambientales de interés que pudieran con cierto grado de precisión estimar su comportamiento.

La gran magnitud en la escala de trabajo presentó consigo desafíos de tiempo y recursos de procesamiento de importancia, aunado al hecho de que algunos de los factores macro-ambientales mencionados poseen métodos de estimación y procesamiento bastante complejos (sobretudo estimar la humedad relativa a escala nacional, en una región tan vasta como Argentina), así pues se decidió sistematizar y dividir la investigación en fases, elaborando una fase de investigación basada en procedimientos más simples, usando una cantidad de información de obtención más simple y procesamiento más ameno, hasta fases que requerían procedimientos de procesamiento complejos, las cuales son:

1. Primera fase: desarrollada en el capítulo 3, en esta fase se usaron datos de estaciones meteorológicas argentinas adscritas a la WMO, para relacionar los indicadores de incidencia de ETI a un número limitado de Departamentos y Partidos argentinos, a esta fase se le puede considerar prospectiva. La idea general era utilizar las mediciones de temperatura ambiental y humedad relativa obtenidas a partir de las estaciones meteorológicas (estas por ser las más referenciadas con resultados positivos en pruebas realizadas por otros autores), e intentar encontrar un modelo con prueba de hipótesis aprobada de las diferentes relaciones que pudieran existir entre las variables, para luego replicar el tratamiento de modelado en una escala a nivel nacional para todas las divisiones territoriales en estudio.

No obstante, existen en Argentina zonas de climas subtropicales y templados que se mezclan heterogéneamente entre los límites de muchas Provincias, por esto hubiera sido metodológicamente inadecuado considerar que regiones tan extensas como las Provincias argentinas con tales heterogeneidades climáticas tengan si quiera un comportamiento temporal homogéneo en que pudiera ser caracterizado con un solo punto de medición como se realizó con los Departamentos, Partidos y la Capital Federal, y ya que la disgregación que se pudo obtener de VSR fue provincial, no se incluyó estudios de VSR en esta etapa.

Siendo las infecciones positivas de VSR las causantes de un número significativo de diagnósticos de ETI a nivel nacional, y estudiando su comportamiento temporal el cual en forma es homónimo a lo largo del periodo de estudio al de las incidencias de ETI por Departamento, Partido y Capital Federal, se consideró que los resultados obtenidos en esta etapa también describieron el comportamiento prospectivo de VSR a nivel nacional.

2. Segunda fase: desarrollada en el capítulo 4, en esta fase se usaron los tratamientos de modelado con los resultados más favorables obtenidos en la primera fase, usándose a una escala nacional, apoyándose en la gran versatilidad de los productos de imágenes satelitales disponibles. En esta fase se esperaba obtener modelos definitivos de las variables ya establecidas como de referencia positiva en investigaciones anteriores, que pudieran ser utilizados para la predicción de la incidencia de ETI y como un descriptor de las influencias de estas variables en la incidencia de casos positivos de VSR (como se mencionó no puede considerarse ningún modelado para predecir la incidencia de VSR).
3. Tercera fase: desarrollada en el capítulo 5, apoyándose en la gran versatilidad de las herramientas de imágenes satelitales, se utilizaron productos de cobertura de nubes, humedad del suelo e índices de vegetación relacionándolos respecto a la incidencia de ambas patologías estudiadas. La idea general en esta fase fue utilizar los tratamientos de modelados de la fase anterior e intentar mejorar la respuesta de estos modelos usando estas nuevas variables de estudio, cuya evaluación en este tipo de investigaciones no tiene precedente.

Capítulo 3

Primera fase: Estaciones Meteorológicas.

La propuesta con las estaciones meteorológicas se basó en el modelado usando tratamientos de regresión de la incidencia estimada como un indicador de tasa de incidencia respecto a los valores calculados de humedad relativa a partir del punto de rocío y la temperatura media estimada como el promedio de todas las lecturas a lo largo de 24 horas, para un lapso de tiempo desde la primera SE de 2009 hasta la última SE de 2013. La finalidad era generar conocimiento prospectivo que pudiera ser aplicado retrospectivamente en un modelado de mayor alcance para todos los Departamentos, Partidos y Capital Federal de la República Argentina, el procedimiento exacto se muestra a continuación.

Extracción de datos, formato y resolución. Los datos están disponibles a través del FTP (‘Protocolo de Transferencia de Archivos’) - `ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/g sod` a través de cualquier navegador, para acceder a los datos, se ingresa a la dirección ftp, y se coloca nombre de usuario y contraseña, donde:

- Nombre de usuario para el inicio de sesión: ftp
- Contraseña: el correo electrónico del usuario.

Los archivos incluidos en el subdirectorio /sgod son:

1. Archivos de datos:
 - Archivos anuales: recopila la información anual de todas las estaciones, por ejemplo, `gsod_2006.tar` serían todos los archivos de 2006 (comprimidos) por estación, los datos de cada año se encuentran en subdirectorios /carpetas por año.

- Archivos de la estación: se muestra los archivos por año y por estación, identificado con los números de la WMO para cada estación, en este caso las estaciones argentinas adscritas a la WMO comienzan con el número 87. Buscar una estación argentina para un año determinado requeriría buscar el número de la estación seguido de 99999 (denota las cifras significativas de cada dato), la estación del Aeropuerto Internacional de Córdoba para el año 2009 sería por ejemplo 873440-99999- 2009.op.gz.

2. Archivos de Utilidad:

- país- list.txt, es una lista que muestra el rango de número de estación para cada país.
- ish-History.txt, es una lista de estaciones para ser utilizadas con los archivos de datos, con los nombres y ubicaciones de cada estación.
- readme.txt, muestra una descripción de los datos y su formato.

Un resumen mundial de los datos diarios con 18 elementos meteorológicos de superficie se derivan de las observaciones horarias contenidas en los datos de superficie USAF DATSAV3 y los datos de superficie de la Federal Climate Complex Integrated (ISD). Un histórico de datos desde 1929 hasta el presente están generalmente disponibles, donde los datos desde 1973 hasta la actualidad son los más completos [34].

En cuanto al control de calidad de los datos, los datos recibidos por la WMO de cada región se someten a extensivos controles de calidad automatizados para verificar su correcta decodificación y para eliminar muchos de los errores aleatorios que se encuentran en los datos originales. Los datos están estrictamente en formato ASCII, con una mezcla de datos de caracteres, valores reales y valores enteros [34].

Todos los números 9 en un campo (por ejemplo, 99.99) indica que no hubo informe de ese dato en particular o que son datos insuficientes. Los elementos cotidianos incluidos en el conjunto de datos así como las unidades en las cuales están disponibles son:

- La temperatura media (0,1 Fahrenheit).
- Punto de rocío medio (0,1 Fahrenheit).
- La presión media al nivel del mar (0,1 mB).
- Presión media en la estación (0,1 mB).
- Visibilidad media (0,1 millas).
- La media de la velocidad del viento (0,1 nudos).
- Velocidad del viento sostenido máximo (0,1 nudos).

- Ráfaga máxima del viento (0,1 nudos).
- Temperatura máxima (0,1 grados Fahrenheit).
- Temperatura mínima (0,1 Fahrenheit).
- Cantidad de precipitación (0,01 pulgadas).
- Profundidad de la nieve (0,1 pulgadas).
- Indicador de presencia de: Niebla, Lluvia o llovizna y Nieve o hielo granulado.

La manera como cada dato estaba dispuesto en cada columna de cada archivo descargado, era:

1. STN: numero WMO/DATSAV3 de la estación.
2. YEAR: el año de los datos.
3. MODA: el día y mes del dato, donde se presentaba el número del día y seguidamente el número del mes como un entero, de manera que por ejemplo el día 27 de abril es 2704, y el día 1 de Enero es 101.
4. TEMP: temperatura media real para el día (cuando no existía = 9999,9).
5. Count: numero de observaciones utilizadas para calcular la temperatura media.
6. DEWP: punto de rocío real para el día (cuando no existía = 9999,9).
7. Count: numero de observaciones utilizadas para calcular el punto de rocío.
8. SLP: presión a nivel del mar real para el día (cuando no existía = 9999,9).
9. Count: numero de observaciones utilizadas para calcular la presión media a nivel del mar.
10. STP: media de la presión en la estación (cuando no existía = 9999,9).
11. Count: numero de observaciones utilizadas para calcular la presión media a nivel del mar.
12. VISIB: media de la visibilidad real de la estación (cuando no existía = 9999,9).
13. Count: numero de observaciones utilizadas para calcular la media de la visibilidad real de la estación.
14. WDSP media de la velocidad del viento real en la estación (cuando no existía = 9999,9).

15. Count: numero de observaciones utilizadas para calcular media de la velocidad del viento real en la estación.
16. MXSPD: velocidad máxima del viento sostenida reportada en la estación (cuando no existía = 9999,9).
17. MAX: temperatura máxima reportada en el día (cuando no existía = 9999,9).
18. MIN: temperatura mínima reportada en el día (cuando no existía = 9999,9).
19. PRCP: Total de la precipitación (lluvia y/o nieve) reportada durante el día (cuando no existía = 9999,9).

3.0.1. Preprocesamiento de los datos de estaciones meteorológicas argentinas.

Para fines de la investigación, se procedió a descargar año por año y estación disponible por la WWWP (128 estaciones de diferentes Departamentos y Partidos) cada uno de los archivos necesarios para formar la data requerida desde 2009 hasta 2013. Fue necesaria la generación de un archivo que recopilara todos los años de interés por estación, en este proceso se procedió a evaluar la calidad de la información suministradas por las estaciones, encontrando en el proceso inconvenientes:

1. En algunas ocasiones los archivos estaban vacíos o el registro de datos comenzaba años posteriores a 2009.
2. En algunas ocasiones los datos disponibles registraban grandes lapsos de tiempo sin información.
3. Entre los días en los cuales faltaba información, no había algún relleno o espacio que sustituyera la fila faltante, se unía a la fila siguiente en la fecha de nuevo registro.

Estos inconvenientes hicieron evidente la necesidad de un proceso de pre-selección y pre-procesamiento que corrigiera la falta de información de los archivos descargados y permitiera la correcta justificación de las filas en los archivos para su posterior procesamiento, se decidió entonces:

1. Descartar todos aquellos archivos cuyo registro de datos no comenzaran al menos desde 2009.
2. Descartar todos aquellos archivos que tuvieran datos faltantes de un mes completo.

N	USAF	Nombre de Estación	Latitud	Longitud	Elevación (m)
1	870220	Tartagal Aero	-22650	-63817	4490
2	870460	Jujuy Aero	-24383	-65083	9200
3	870470	Salta Aero	-24850	-65483	12460
4	870970	Iguazú Aero	-25733	-54467	2790
5	871210	Tucumán Aero	-26850	-65099	4560
6	871290	Santiago Del Estero	-27767	-64300	2000
7	871480	Presidencia R S Pena	-26733	-60483	930
8	871550	Resistencia Aero	-27450	-59050	530
9	871620	Formosa Aero	-26200	-58233	590
10	871660	Corrientes Aero.	-27450	-58767	620
11	871780	Posadas Aero.	-27367	-55967	1310
12	872170	La Rioja Aero.	-29383	-66817	4380
13	872220	Catamarca Aero.	-28600	-65767	4640
14	872570	Ceres Aero	-29883	-61950	880
15	872890	Paso De Los Libres	-29683	-57150	700
16	873110	San Juan Aero	-31400	-68417	5970
17	873200	Chamical Aero	-30367	-66283	4610
18	873280	Villa Dolores Aero	-31950	-65132	5840
19	873440	Córdoba Aero	-31317	-64217	4890
20	873490	Pilar Observatorio-	-31667	-63883	3380
21	873710	Sauce Viejo Aero	-31700	-60817	170
22	873740	Paraná Aero	-31783	-60483	740
23	873930	Monte Caseros Aero	-30267	-57650	530
24	873950	Concordia Aero	-31300	-58017	340
25	874160	San Martin	-33083	-68417	6530
26	874180	Mendoza Aero	-32833	-68783	7040
27	874360	San Luis Aero	-33267	-66350	7100
28	874530	Rio Cuarto Aero	-33117	-64233	4210
29	874670	Marcos Juárez Aero	-32700	-62150	1100
30	874800	Rosario Aero	-32917	-60783	260
31	874970	Guauguaychu Aero	-33000	-58617	230
32	875090	San Rafael Aero	-34583	-68400	7530
33	875340	Laboulaye Aero	-34133	-63367	1370
34	875480	Junín Aero	-34550	-60917	800
35	875760	Ezeiza Aero	-34817	-58533	200
36	875820	Aeroparque Bs. As.	-34567	-58417	60
37	875930	La Plata Aero	-34967	-57900	220
38	876230	Santa Rosa Aero	-36567	-64266	1920
39	876410	Azul Aero	-36833	-59883	1470
40	876450	Tandil Aero	-37233	-59250	1750
41	876480	Dolores Aero	-36350	-57733	90
42	876920	Mar Del Plata Aero	-37933	-57583	220
43	877150	Neuquén Aero	-38950	-68133	2730
44	877500	Bahía Blanca Aero	-38733	-62167	750
45	877650	Bariloche Aero	-41150	-71167	8460
46	877840	San Antonio Oeste A	-40783	-65099	200
47	877910	Viedma Aero	-40850	-63017	60
48	878030	Esquel Aero	-42933	-71150	7990
49	878280	Trelew Aero	-43200	-65266	430
50	878600	Comodoro Rivadavia	-45783	-67500	580
51	879040	El Calafate Aero	-50267	-72050	2040
52	879250	Rio Gallegos Aero	-51617	-69283	190
53	879340	Rio Grande B.A	-53800	-67750	200
54	879380	Ushuaia Aero	-54800	-68317	220

Cuadro 3.1: Estaciones seleccionadas de la WMO.

Después del proceso de pre-selección quedaron restantes 54 archivos de estaciones meteorológicas en Argentina, en la tabla 3.1 se pueden ver las estaciones meteorológicas a las que pertenecen estos archivos, con información de latitud, longitud y elevación.

Para resolver el tercer inconveniente en los ya 54 archivos escogidos se diseñó un algoritmo de corrección aprovechando la cualidad de la columna MODA (ITEM 3 USAF DATSAV3, Página 31) donde el día y mes del dato se presentan como un entero, para esto se elaboró una columna hipotética MODA con la consideración que esta poseía todos los días de todos los años de interés completos y se comparó la diferencia de esta con cada columna MODA de cada archivo, de manera que la diferencia en cada fila de ambas columnas era cero si se coincidía en el mes y el año, y un número diferente si no era así, de manera que:

$$MODA_{(hipotetica)} - MODA_{(Archivo)} = 0 \rightarrow Fecha_{(correcta)} = Fecha_{(Archivo)} \quad (3.1)$$

$$MODA_{(hipotetica)} - MODA_{(Archivo)} \neq 0 \rightarrow Fecha_{(correcta)} \neq Fecha_{(Archivo)} \quad (3.2)$$

Al evaluar cada fila y obtener una diferencia entre ambas columnas moda, se procedía a rellenar con tantas filas vacías como se necesitara para alcanzar una diferencia entre ambas columnas de cero, la información de las filas vacías se interpoló usando un algoritmo de spline cúbico, de esta manera se resolvió tener un registro de archivos con todos los datos necesarios para procesarlos a la resolución espacial de interés.

3.1. Procesamiento de los datos.

Para el procesamiento de la información de las estaciones meteorológicas se consideró la fecha exacta de cada dato, con esta información se procedió a promediar la temperatura media diaria y punto de rocío semanalmente cada SE (estas dos variables consideradas para calcular la humedad relativa), las mismas fueron transformadas de Fahrenheit a Celsius para facilitar el procedimiento de procesamiento.

Para calcular la humedad relativa a partir del punto de rocío se utilizó la transformación operacional sugerida en el informe de 2013 del Instituto Vaisala en Finlandia [40], por considerarlo el más actualizado y homónimo a las condiciones climáticas Argentinas del que se pudo hacer referencia, el mismo presenta la transformación operacional a humedad relativa a partir del punto de rocío como:

$$RH = 100 * 10^{m * [\frac{Td}{Td+Tn} - \frac{Tambiente}{Tambiente+Tn}]} \quad (3.3)$$

Figura 3.1: **Mapa de las estaciones meteorológicas distribuidas en Argentina.** Los puntos rojos representan cada estación, se utilizó un shapefile de polígonos con los Departamentos y Partidos de Argentina para disolver la información y considerar la ubicación de cada estación terrena según el Departamento o Partido donde se encontrasen.

2. Varianza homónima entre las variables: tal vez el más importante de los fundamentos a considerar, evaluado con gráficos de residuos estandarizados en función de los valores predichos en el modelo regresivo, aquellos modelos regresivos cuyo comportamiento no podían garantizar este fundamento fueron desechados, independientemente de la virtud de

los resultados obtenidos.

Además, consideraciones especiales en función a las variables obtenidas y factores de influencia en la incidencia de ambas patologías estudiadas debieron realizarse. Una de las consideraciones se basó en el uso de los indicadores TDI con NBI, las consideraciones se analizan a continuación.

3.2.1. Tratamiento de la Incidencia de ETI usando indicadores con NBI en el procedimiento de regresión lineal.

Considerando al NBI con un estimador de la vulnerabilidad de la población con un nivel de calidad de vida bajo, que influyen la incidencia de VSR y ETI a nivel nacional, hubo que considerar también a lo que “vulnerabilidad” se refiere.

Vulnerabilidad es definida como la predisposición de la persona o de un grupo de sucumbir al impacto de una amenaza, por un evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad [41], si consideramos este concepto, la predisposición de la población fue valorada al considerarse a esta en una situación socioeconómica desventajosa, mas no se ha considerado qué “evento distinto e identificable de la naturaleza” accionaba la condición en que la vulnerabilidad se manifestaba.

Ya que mayoría de la población de que era afectada por VSR y ETI, es afectada en invierno [22] [23] [24], se hizo evidente que la manera más provechosa de trabajar con este indicador, tenía que tener en cuenta como fenómeno iniciador esta condición de temperatura que influyen esta vulnerabilidad específica en la población.

Bajo estas consideraciones, teniendo en cuenta todos los argumentos científicos anteriormente mencionados que las respaldan, se introducen los supuestos para el uso de los indicadores de incidencia basados en NBI diseñados, estos son:

1. La diversidad de individuos de una población en una región determinada posee diferentes potenciales inmunológicos (propio de cada individuo, determinados por la edad, sexo, nutrición, entre otros), además diversa situación socioeconómica que le permiten o no ciertas comodidades que influyen en su vulnerabilidad en general. Donde las de menor potencial y peor situación socioeconómica sucumben más rápidamente que las que solo tienen menor potencial al interactuar con el fenómeno iniciador de vulnerabilidad.
2. Ya habiendo enfermado la población vulnerable, queda menos de la misma que sucumba a las enfermedades, disminuyendo gradualmente la incidencia de la enfermedad debido a este factor de vulnerabilidad.

De forma que el factor de peso considerando al fenómeno de inicio de la vulnerabilidad a la temperaturas invernales fue $W_{(t,D,T)}$ donde T da la connotación de la dependencia del factor de ponderación con la temperatura.

3.2.2. Programación de la inclusión de $W_{(t,D,T)}$ al cálculo de la regresión lineal.

La inclusión del factor $W_{(t,D,T)}$ debió programarse de forma que su inserción fuera acorde a lo postulado anteriormente, la mejor manera de introducir el factor de peso fue identificando un momento en el tiempo de las SE en el que comenzara la época invernal, de manera que:

1. Para cumplir con el primer supuesto al coincidir la SE con el inicio de las primeras temperaturas gélidas que anteceden al invierno se introducía el factor de ponderación.
2. Para cumplir con el segundo supuesto se analizó el tiempo de prevalencia de las menores temperaturas de invierno, las cuales suelen ser de al menos 7 SE a partir del inicio de las primeras temperaturas gélidas de invierno.

Siendo los anteriores supuestos investigativos, se esperaba que fueran los resultados obtenidos en el modelado los que dictaminaran si eran acordes con la realidad de estudio, así pues se esperaba que las regiones con marcada diferencia de estratos sociales y un gran número de población fuese donde se comportase mejor estos supuestos para describir la incidencia de VSR y ETI en la población.

3.3. Modelado de ETIs respecto a las variables obtenidas de las estaciones meteorológicas.

El modelado basado en las regresiones lineales se fundamentó en la generación de un script (archivo de órdenes, es decir un programa simple) escrito en el lenguaje de programación .R en el cual se reflejaban todos los modelos propuestos de regresión para su generación, aprovechando las más que conocidas bondades de las herramientas estadísticas de R.

La temática de las regresiones se basó en hacer interaccionar TDI(ETI), TDI(ETI,OH), TDI(ETI,OH,NBI), TDI(ETI,NBI) respecto a la temperatura media promediada semanal y la humedad relativa atmosférica calculada a partir de esta. Estas dos variables fueron escogidas por ser las de referencia en la bibliografía (cuyos resultados se querían emular) y por tener el proceso de estimación mas robusto (las medias de temperatura se generan con datos de cada hora, mientras la mínima o máxima parten de una estimación o medición).

De los resultados del proceso de modelado, tres coeficientes juzgaron el comportamiento y validez de cada uno de los modelos, esto son:

1. Coeficiente de pendiente: un coeficiente aprobado bajo una prueba de hipótesis basado en el Pvalor, con un intervalo de confiabilidad del 95 % y un $\alpha=0.05$, con un resultado que muestre una diferencia de los valores de cada coeficiente de la pendiente respecto de cero, se esperó para todos aquellos casos donde exista una relación entre la variable predictora y los valores de la variable dependiente.
2. Coeficiente de determinación múltiple o R^2 : este coeficiente determina la calidad del modelo para replicar los resultados, y la proporción de variación de los resultados que puede explicarse por el modelo.
3. Coeficiente de intercepto(Bo): Este coeficiente determina el valor en donde la pendiente del modelo se cruza con el eje de las ordenadas.

3.4. Resultados de la primera fase.

Fueron un total de 424 procedimientos de regresión, los resultados para algunos Departamentos y Partidos pueden verse en el cuadro 3.2 para temperatura media y 3.3 para la humedad relativa. Todos los modelos regresivos que aprobaron las evaluaciones de validación de los supuestos teóricos aprobaron una relación lineal negativa respecto a la temperatura, lo que arroja suficientes pruebas estadísticas para afirmar que el aumento en la incidencia de ETIs descrita en los diversos indicadores aumenta con la disminución de la temperatura, no así con la humedad relativa, la mayoría de los modelos rechazaron algún tipo de relación lineal con esta, salvo algunas excepciones que son:

Estación WWWP	TDI	Bo	Pendiente	Pvalor Bo	Pvalor P	R^2
Bahía Blanca Aero	P	19,998	-0,122	0,000	0,000	0,4614
	PNBI	20,098	-0,129	0,000	0,000	0,4558
	POH	20,002	-0,127	0,000	0,000	0,4624
	POHNBI	20,101	-0,134	0,000	0,000	0,4572
Bariloche Aero	P	12,717	-0,225	0,000	0,000	0,3697
	PNBI	12,624	-0,224	0,000	0,000	0,3499
	POH	12,960	-0,318	0,000	0,000	0,4001
	POHNBI	12,891	-0,318	0,000	0,000	0,3836
Córdoba Aero	P	22,266	-0,284	0,000	0,000	0,5490
	PNBI	22,325	-0,295	0,000	0,000	0,5407
	POH	22,266	-0,294	0,000	0,000	0,5484
	POHNBI	22,327	-0,305	0,000	0,000	0,5407
Paraná Aero	P	29,016	-0,105	0,000	0,000	0,6556
	PNBI	29,549	-0,113	0,000	0,000	0,6430
	POH	29,042	-0,109	0,000	0,000	0,6571
	POHNBI	29,559	-0,117	0,000	0,000	0,6450

Cuadro 3.2: Resultados de la Regresiones lineales para algunos Departamentos y Partidos respecto a la Temperatura media de estaciones WWWP.

Estación WWWP	TDI	Bo	Pendiente	Pvalor Bo	Pvalor P	R^2
Mendoza Aero	P	43,934	0,027	0,000	0,710	0,0009
	PNBI	43,979	0,024	0,000	0,754	0,0006
	POH	43,933	0,027	0,000	0,709	0,0009
	POHNBI	43,978	0,024	0,000	0,753	0,0007
Formosa Aero	P	68,601	0,011	0,000	0,564	0,0022
	PNBI	69,553	-0,002	0,000	0,897	0,0001
	POH	68,567	0,012	0,000	0,548	0,0023
	POHNBI	69,484	-0,002	0,000	0,938	0,0000
Jujuy Aero	P	68,341	-0,125	0,000	0,000	0,1705
	PNBI	68,792	-0,150	0,000	0,000	0,2078
	POH	68,335	-0,125	0,000	0,000	0,1702
	POHNBI	68,792	-0,151	0,000	0,000	0,2077
Bahía Blanca Aero	P	53,869	0,085	0,000	0,002	0,0578
	PNBI	53,775	0,090	0,000	0,002	0,0580
	POH	53,865	0,088	0,000	0,002	0,0580
	POHNBI	53,772	0,094	0,000	0,002	0,0582
Bariloche Aero	P	53,540	0,386	0,000	0,000	0,1889
	PNBI	53,830	0,378	0,000	0,000	0,1718
	POH	52,761	0,573	0,000	0,000	0,2257
	POHNBI	53,006	0,566	0,000	0,000	0,2094
Córdoba Aero	P	59,837	-0,249	0,000	0,000	0,0816
	PNBI	60,012	-0,267	0,000	0,000	0,0854
	POH	59,828	-0,258	0,000	0,000	0,0811
	POHNBI	60,001	-0,275	0,000	0,000	0,0849
Iguazú Aero	P	77,729	0,028	0,000	0,177	0,0122
	PNBI	78,407	0,018	0,000	0,391	0,0049
	POH	77,379	0,047	0,000	0,101	0,0180
	POHNBI	77,866	0,038	0,000	0,203	0,0109
Mar Del Plata Aero	P	75,811	0,040	0,000	0,450	0,0037
	PNBI	75,765	0,045	0,000	0,428	0,0041
	POH	75,834	0,043	0,000	0,447	0,0038
	POHNBI	75,792	0,048	0,000	0,426	0,0041
Paraná Aero	P	60,278	0,063	0,000	0,001	0,0726
	PNBI	60,106	0,066	0,000	0,001	0,0681
	POH	60,260	0,065	0,000	0,001	0,0728
	POHNBI	60,091	0,069	0,000	0,001	0,0685
Posadas Aero.	P	64,014	0,026	0,000	0,250	0,0086
	PNBI	65,017	0,013	0,000	0,602	0,0018
	POH	64,010	0,027	0,000	0,251	0,0085
	POHNBI	64,993	0,013	0,000	0,594	0,0018
Rosario Aero	P	65,216	0,110	0,000	0,098	0,0177
	PNBI	65,413	0,101	0,000	0,140	0,0141
	POH	65,196	0,115	0,000	0,096	0,0179
	POHNBI	65,388	0,106	0,000	0,136	0,0144
Salta Aero	P	73,800	-0,191	0,000	0,000	0,1756
	PNBI	73,514	-0,193	0,000	0,000	0,1744
	POH	73,726	-0,208	0,000	0,000	0,1694
	POHNBI	73,500	-0,211	0,000	0,000	0,1693
Ushuaia Aero	P	67,026	0,044	0,000	0,000	0,1027
	PNBI	66,978	0,046	0,000	0,000	0,0951
	POH	67,190	0,052	0,000	0,000	0,1128
	POHNBI	67,098	0,056	0,000	0,000	0,1085

Cuadro 3.3: Resultados de la Regresiones lineales para algunos Departamentos y Partidos respecto a la Humedad Relativa de estaciones WWWP.

- Cuando los valores máximos de humedad relativa se alcanzan respecto a los valores mínimos de temperatura media, una prueba de hipótesis se aprueba para la relación de la humedad relativa respecto a la incidencia de ETIs con pendiente positiva.
- Cuando los valores mínimos de humedad relativa se alcanzan respecto a los valores mínimos de temperatura media, una prueba de hipótesis se aprueba para la relación de la humedad relativa respecto a la incidencia de ETIs con pendiente negativa.

Los dos casos anteriores pueden verse en la figura 3.2, donde se muestra la serie temporal de la Temperatura media en Celsius y la Humedad Relativa para el Departamento Bariloche (que arrojó una pendiente de Humedad Relativa positiva) y el Departamento El Carmen (que arrojó una pendiente de Humedad Relativa negativa).

Respecto a la eficiencia de los indicadores para describir la realidad en estudio, la tendencia general es que los modelos con TDI(ETI) tienen un R^2 mejor o igualan al TDI(ETI,OH) en aquellas regiones no turísticas. Esto debido a que si existe muy poca actividad turística la cantidad de personas asociadas a esta y que se adicionan a la población de la región es mínima, por lo que $P \simeq P + OH$, un ejemplo de esto se puede ver en los cuadros 3.2 y 3.3 para:

- Departamento Capital de Mendoza (Mendoza Aero).
- Departamento Capital de Formosa (Formosa Aero).
- Departamento Capital de Jujuy (Jujuy Aero).
- Departamento Capital de Salta (Jujuy Aero).

Por su parte los modelos con OH (TDI(ETI,OH) y TDI(ETI,OH,NBI)) tienen un R^2 alto en regiones consideradas turísticas, un ejemplo de esto se puede ver en los cuadros 3.2 y 3.3 para:

- Babia Blanca
- Bariloche
- Paraná
- Posadas
- Iguazú
- Mar de plata
- Ushuaia

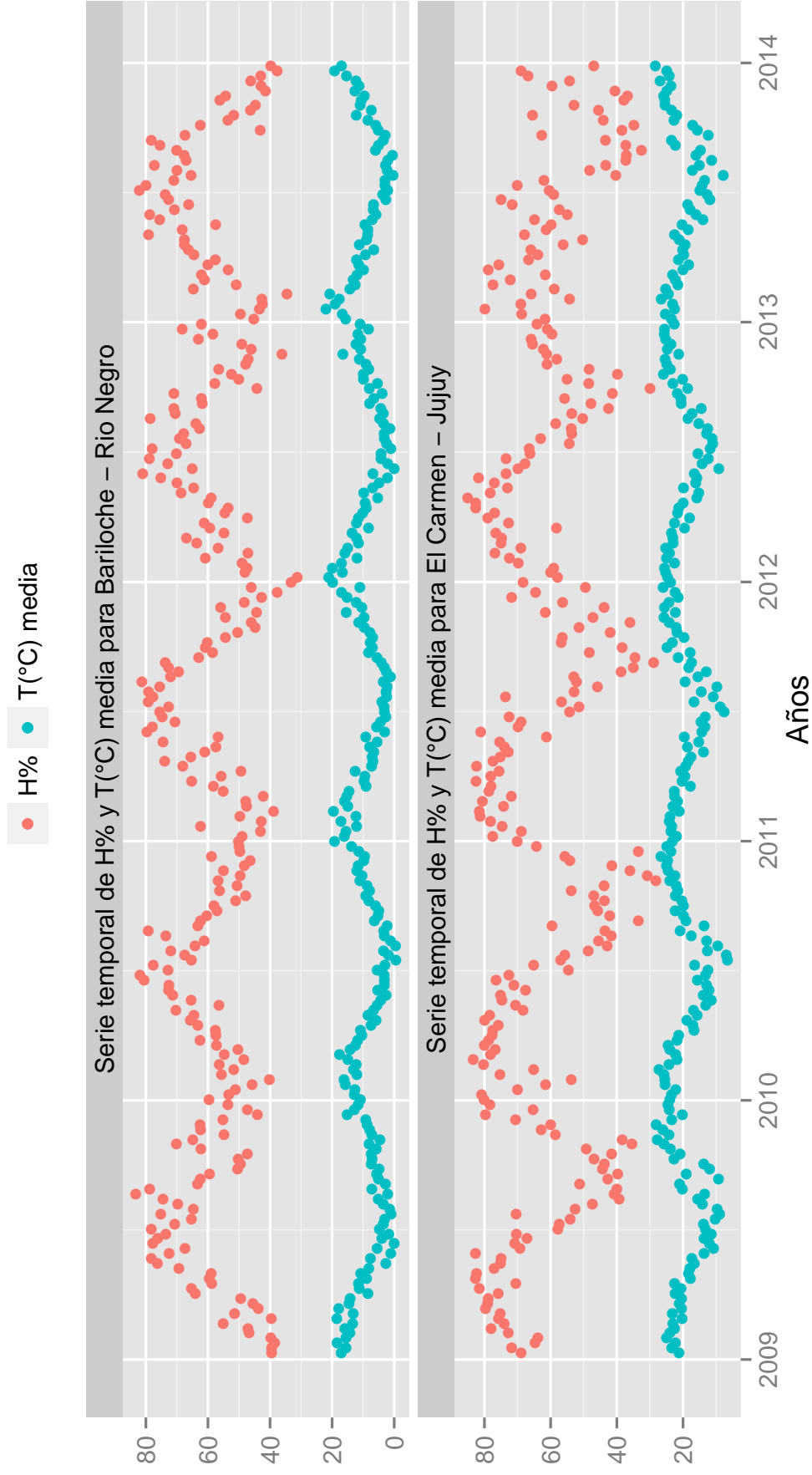


Figura 3.2: Serie temporal de la Temperatura media y la Humedad Relativa para el Departamento Bariloche (Bariloche Aero) y el Departamento El Carmen (Jujuy Aero).

Los resultados completos del proceso de regresión lineal para la temperatura y humedad relativa ambiental se pueden ver en el anexo 1.

Sin embargo recordando todas aquellas consideraciones que agregan perturbación a los resultados del modelado y teniendo en cuenta que pocas regiones fueron evaluadas en esta fase de investigación, se esperaba que el proceso más completo y potencialmente más determinista de la segunda fase de la investigación arrojara resultados más puntuales sobre el comportamiento de los indicadores de incidencia diseñados.

No obstante, los resultados del modelado en esta primera fase si arrojaron pruebas estadísticas contundentes de la fuerte relación que existe entre la incidencia de ETIs respecto a la disminución de la temperatura, mas no así para la humedad relativa.

3.5. Discusión de los resultados de la primera fase de la investigación y consideraciones que a partir de estos se emprendieron para la segunda fase de la investigación.

Considerando todas aquellas investigaciones que presentan a la humedad relativa como un factor de influencia para la incidencia de las enfermedades respiratorias virulentas de tipo influenza y considerando estos resultados también como determinantes para el comportamiento de VSR, surge la incertidumbre de la trazabilidad de esos resultados respecto a los obtenidos en esta investigación, pese a ser considerado un estudio prospectivo los resultados son contundentes.

Podría considerarse que en un marco de estudio que pretende establecer una relación entre variables a una escala macro, los posibles resultados referenciados como base y precedente de esta investigación corresponden a un nivel de apreciación más bien de una escala espacial mucho menor que la elaborada en esta investigación, mas no puede pasarse por alto la contundencia de las observaciones.

No obstante también es posible una distorsión de los resultados obtenidos por causa de la matemática implícita en el procedimiento de cálculo, ya que un resultado matemático no necesariamente expresa una realidad.

Sin embargo, también hay que considerar que se haya sobrestimado todo este tiempo el efecto de la humedad relativa respecto a la incidencia de VSR y Enfermedades tipo influencias. Una posible explicación a las conclusiones arrojadas en los resultados referenciados que sirven de precedentes de esta investigación, es que fueron elaborados para extensiones de espacio muy inferiores a las evaluadas en esta investigación, en condiciones en que la humedad relativa máxima y la temperatura mínima coincidían, llevando esto a una sobrestimación del efecto de la humedad relativa en condiciones de estudio a escala macro espacial, pues no es posible epidemiológicamente hablando

que una misma variable tenga efectos de influencia diferentes en función de la incidencia de la misma patología en regiones con una población de estudio utopicamente similar.

Por esto y al menos siguiendo los lineamientos en los cuales se basa esta investigación y considerando los resultados obtenidos, se descarta el uso de la humedad relativa para el desarrollo de la segunda fase de la investigación, basándose está en la implementación de la temperatura en función de la variación de la incidencia de ETI y VSR evaluadas como indicadores de incidencias, a continuación el desarrollo de la segunda fase de la investigación.