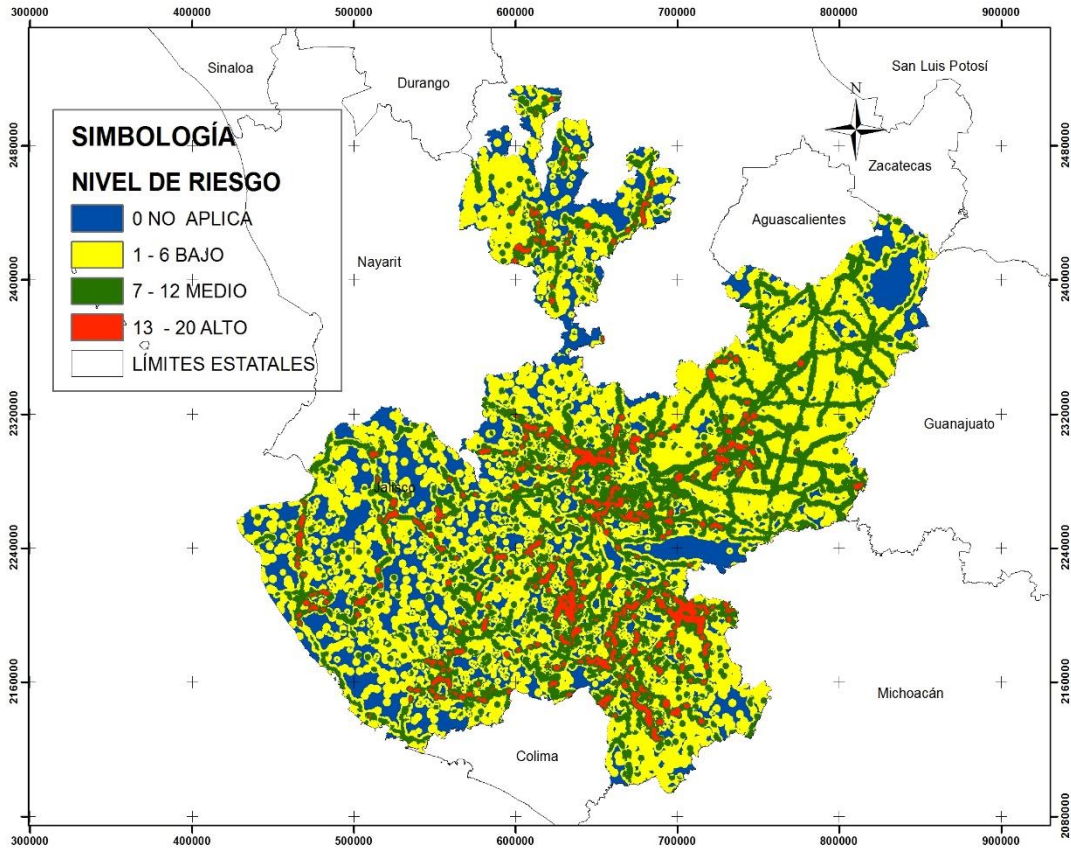
MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

José Germán Flores Garnica, Juan de Dios Benavides Solorio, Uri David Casillas Díaz, Miguel Ángel Hernández Navarro, Héctor Javier Leal Aguayo



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centro de Investigación Regional Pacífico Centro
Campo Experimental Centro Altos de Jalisco
Julio 2016. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México
Libro Técnico Núm. x, ISBN:
Núm. de Registro de Derechos de Autor:

MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGOS DE INCENDIOS FORESTALES

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Centro de Investigación Regional Pacífico Centro Campo Experimental Centro Altos de Jalisco
Tepatitlán de Morelos Jalisco, México
Libro Técnico Núm. x Julio del 2016
ISBN:

La cita correcta de esta obra es:

Flores G., J.G.; Benavides S., J.D.; Casillas D., U.D.; Hernández N., M.A.; Leal A. H.J.; 2016. Manual para la elaboración de mapas de riesgo de incendios forestales. Libro Técnico.Núm. 1. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, México. X p.

Primera Edición: 2016

Derechos Reservados ©

Certificado del registro público de Derechos de Autor:

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Progreso Núm. 5. Colonia Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán, C.P. 04010, México, D.F.
Tel. (55) 38718700
www.inifap.gob.mx

CAMPO EXPERIMENTAL CENTRO ALTOS DE
JALISCO CIRPAC- INIFAP
Kilómetro 8.0 Carretera Tepatitlán Lagos de Moreno
Apartado Postal 56
Tepatitlán de Morelos, Jalisco., México. C.P. 47600
Teléfono (378) 7820355
Fax (378) 7824638

ISBN:

Fotos de la Portada:

Ilustraciones:

Libro Técnico Núm. x.
Julio del 2016

La presente publicación se terminó de imprimir el mes de Julio de 2016 en los talleres Gráficos de Prometeo Editores, S.A. de C.V. Libertad 1457, Colonia Americana, Guadalajara Jalisco CP.44160 Tel.01(33) 38262726.

Su tiraje consta de 200 ejemplares

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito a la Institución.

Impreso y Hecho en México.

PRESENTACIÓN

Los ecosistemas forestales proveen recursos naturales y servicios ambientales. Sin embargo, se ven amenazados por varios factores, entre ellos los incendios forestales, los cuales en su mayoría son provocados por actividades humanas. Es por esto que resulta necesario diseñar estrategias para la prevención y combate de estos siniestros.

Dentro de las acciones realizadas, existen los planes de manejo del fuego, donde entre otras cosas se define en qué áreas se necesita enfocar los recursos existentes, para la definición de estas áreas existen diversas metodologías donde se utilizan diferentes criterios. Por lo tanto es necesario la unificación de conceptos y criterios, dentro de estos últimos se cuentan con los propuestos por CONAFOR (riesgo, peligro y valor). Para determinar las áreas prioritarias de protección contra incendios forestales.

Para definir la zonificación de estas áreas se hace uso de información georreferenciada de diferentes variables, mismas que son valoradas para definir su nivel de prioridad. Por lo que, para su administración, organización y análisis, se realiza a través de sistema de información geográfica.

No obstante, se puede obtener información muy heterogénea si no se parte de una misma información. Debido a lo anterior la importancia de la creación de documentos que sirvan para la unificación de conceptos y criterios. Ayudando así a que las instituciones ya sean públicas, privadas, gubernamentales o escolares, tengan una misma base para la determinación de la áreas prioritarias de protección contra incendios forestales, y de esta manera se haga de manera más eficiente la toma de decisiones en cuanto a la determinación y protección de estos sitios.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 1

2. ANTECEDENTES 2

2.1 Nivel mundial ..... **¡Error! Marcador no definido.**

2.2 Nivel nacional..... **¡Error! Marcador no definido.**

3. PLATAFORMA DE TRABAJO.....4

4. MODELO SECUENCIAL 4

4.1. Definición de modelo 5

4.2. Modelbuilder en ArcGIS 6

4.3. Utilidades.....7

4.4. Generalidades 8

4.5. Aplicaciones 9

4.6. Entorno de ModelBuilder 11

5. CRITERIOS DE PONDERACIÓN DE RIESGO DE INCENDIO 11

5.1. ÁREAS FORESTALES.....12

5.1.1. Bosques 13

5.1.2. Selvas 13

5.2. LOCALIDADES 13

5.2.1. Descripción 13

5.2.2. Fuentes de información 14

5.2.3. Niveles de ponderación 14

5.2.4. Secuencia de generación 15

5.2.5. Estructuración del modelo 45

5.3. VÍAS DE COMUNICACIÓN.....53

5.3.1. Descripción 53

5.3.2. Fuentes de información 54
5.3.3. Criterios de ponderación 55
5.3.4. Secuencia de generación 55
5.3.5. Estructuración del modelo 69
5.4 OCURRENCIA HISTÓRICA DE INCENDIOS 73
5.4.1. Descripción 73
5.4.2. Fuentes de información 73
5.4.3. Niveles de ponderación 74
5.4.4. Secuencia de generación 75
5.4.5. Estructuración del modelo 90
5.5. POLÍGONOS DE TERRENOS FORESTALES INCENDIADOS 94
5.5.1. Descripción 94
5.5.2. Fuentes de información 94
5.5.3. Niveles de ponderación 94
5.5.4. Secuencia de generación 95
5.5.5. Estructuración del modelo 102
5.6 MAPA DE RIESGO 104
5.6.1. Descripción 104
5.6.2. Niveles de ponderaciones 105
5.6.3. Niveles de Riesgo 105
5.6.4. Secuencia de generación 105
5.6.5. Estructuración del modelo 112
6. ESCALA DE RESULTADOS 114
7. CONSIDERACIONES 116
8. GLOSARIO 117
9. AGRADECIMIENTO 120
10. LITERATURA CITADA 121

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Trabajos realizados para la zonificación para prevenir incendios forestales.

Cuadro 2. Valor de ponderación de por distancia de proximidad a localidades (m).

Cuadro 3. Valor de ponderación de localidades por su número de habitantes (miles).

Cuadro 4. Ejemplo de fuentes de información de la variable vías de comunicación.

Cuadro 5. Valor de ponderación de vías de comunicación por proximidad.

Cuadro 6. Valor de ponderación por tipo de vía.

Cuadro 7. Valor de ponderación por número de incendios y proximidad del buffer.

Cuadro 8. Valor de ponderación por tipo de causa.

Cuadro 9. Valor de ponderación por tipo de causas y frecuencia de aparición.

Cuadro 10. Valor de ponderación por polígonos incendiados.

Cuadro 11. Clasificación de los niveles de riesgo.

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de flujo que parte de un análisis que se diseña se codifica y se prueba.

Figura 2. Aplicación de un modelo a una unión de las capas de bosques y selvas, como resultado una combinación de estas.

Figura 3. Variables que se utilizan para riesgo de incendio (CONAFOR, 2010).

Figura 4. Interface de la Plataforma ArcMap (ArcGis 10.1).

Figura 5. Ventana para añadir capas de información geográfica.

Figura 6. La ubicación de la herramienta “Multiple Ring Buffer”, dentro de la caja de herramientas (ArcToolbox) de ArcGis.

Figura 7. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 8. Esquema de distancia de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), en formato shapefile.

Figura 9. Ejemplo de distancia de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer).

Figura 10. La ubicación de la función “Polygon to Raster”, dentro de la caja de herramientas de ArcToolbox.

Figura 11. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 12. Esquema de distancia, de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), en formato raster.

Figura 13. La ubicación de la función “Reclassify”, dentro de la caja de herramientas Arctoolbox.

Figura 14. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 15. Despliegue del menú de opciones, donde se ubica la opción para abrir la tabla de atributos (Open Attribute Table).

Figura 16. Ventana para crear una columna nueva en la tabla de atributos.

Figura 17. Asignación de parámetros, para la columna nueva “pon”.

Figura 18. Despliegue del menú de opciones, y ubicación de la calculadora de columnas “Field Calculator”.

Figura 19. Aplicación de “Field Calculator”, con el valor de ponderación de 0.

Figura 20. Ubicación de la Herramienta Mosaic to New Raster, mediante la función Data Management Tools.

Figura 21. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 22. Ubicación de la herramienta para seleccionar (Select), dentro de la caja "Analysis Tools".

Figura 23. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 24. Ejecución de la función Query Builder.

Figura 25. Desglose del menú de opción para abrir la tabla de atributos del shapefile.

Figura 26. Selección de las localidades del rango de 50-199 mil habitantes.

Figura 27. Menú de opciones para exportar los datos de información seleccionada.

Figura 28. Ventana para asignar nombre y destino donde se guardara el shapefile.

Figura 29. Ubicación de la herramienta área de influencia (Buffer).

Figura 30. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta Buffer".

Figura 31. Área de influencia (2500m) de los rangos de población de "50-199mil" y "0-49mil".

Figura 32. La ubicación de la herramienta "Merge".

Figura 33. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 34. La ubicación de la función "Polygon to Raster", dentro de la caja de herramientas de ArcToolbox.

Figura 35. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 36. La ubicación de la Herramienta Mosaic to New Raster.

Figura 37. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 38. Ejemplificación de la variable localidad, de acuerdo a la suma de ponderación, con respecto al análisis de proximidad (cercanía) y por número de habitantes.

Figura 39. Ubicación de la aplicación “ModelBuilder” en ArcGis.

Figura 40. Ilustración de la ventana de “ModelBuilder” en ArGis.

Figura 41. Ejemplificación de cada una de las funciones de la aplicación “ModelBuilder”.

Figura 42. Asignación de la herramienta *“Multiple Ring Buffer”*

Figura 43. Estructura del modelo secuencial para la variable localidad por análisis de proximidad.

Figura 44. Estructura del modelo secuencial para la variable localidad por número de habitantes.

Figura 45. Ilustración de generar la caja de herramientas mediante la función “ArcCatalog”

Figura 46. Ejemplo de la opción de guardado en el modelo.

Figura 47. Asignación de nombre al modelo secuencial.

Figura 48. Selección del modelo a través de la función “Add Toolbox”.

Figura 49. Asignación del modelo “Riesgo_1” a la caja de herramientas de ArcGis.

Figura 50. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 51. Esquema de distancia de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), en formato shapefile.

Figura 52. Ejemplo de distancia de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer).

Figura 53. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 54. Esquema de distancia, de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), en formato raster.

Figura 55. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 56. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 57. Ejecución de la aplicación Query Builder.

Figura 58. Vías de comunicación de tipo “terracería” y “pavimentada” situada únicamente en “selvas”

Figura 59. Ventana para crear una nueva columna en la tabla de atributos “Terracería”.

Figura 60. Asignación de parámetros, para la columna nueva “pon”.

Figura 61. Menú de opciones para ubicar “Field Calculator”

Figura 62. Calculadora de Columnas “Field Calculator”.

Figura 63. Ubicación de la herramienta área de influencia (Buffer), dentro de la caja “Analysis Tools”.

Figura 64. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 65. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 66. Riesgo de incendio de la variable vías de comunicación, de acuerdo a la suma de las ponderaciones de sus componentes proximidad (cercanía) y tipo de vía.

Figura 67. Asignación de la herramienta *“Multiple Ring Buffer”.*

Figura 68. Estructura del modelo secuencial para la variable vías de comunicación por análisis de proximidad.

Figura 69. Estructura del modelo secuencial para la variable vías de comunicación por tipo.

Figura 70. Ventana de dialogo de la herramienta “Multiple Ring Buffer”

Figura 71. Esquema de las distancias de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), que corresponden a la variable de “Incendios”.

Figura 72. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 73. Esquema de las distancias de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), en formato raster que corresponden a la variable de “ocurrencia de incendios”.

Figura 74. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 75. Ventana para crear una columna nueva en la tabla de atributos.

Figura 76. Asignación de parámetros, para la columna nueva “pon”.

Figura 77. Despliegue del menú de opciones, y ubicación del “Field Calculator”

Figura 78. Aplicación de “Field Calculator”, con el valor de ponderación de 0.

Figura 79. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 80. Aplicación de un “Query Builder” para la clasificación de las causas de incendios “actividades agropecuarias, fumadores y fogatas de paseantes”.

Figura 81. Causas de incendios, con el tipo de ponderación correspondiente.

Figura 82. Ventana para crear una nueva columna en la tabla de atributos “causas_pon_4”.

Figura 83. Asignación de parámetros, para la columna nueva “pon”.

Figura 84. Menú de opciones para ubicar “Field Calculator”

Figura 85. Calculadora de Columnas “Field Calculator”.

Figura 86. Ventana de dialogo de la herramienta “Buffer”.

Figura 87. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 88. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 89. Asignación de la herramienta *“Multiple Ring Buffer”.*

Figura 90. Estructura del modelo secuencial para la variable ocurrencia de incendios análisis por proximidad.

Figura 91. Estructura del modelo secuencial para la variable causas de incendios.

Figura 92. Despliegue del menú de opciones, donde se ubica la opción para abrir la tabla de atributos (Open Attribute Table).

Figura 92. Ventana para crear una columna nueva en la tabla de atributos.

Figura 93. Asignación de parámetros, para la columna nueva “pon”.

Figura 94. Despliegue del menú de opciones, y ubicación de la calculadora de columnas “Field Calculator”.

Figura 95. Aplicación de “Field Calculator”, con el valor de ponderación de 2.

Figura 96. La ubicación de la función “Polygon to Raster”, dentro de la caja de herramientas de ArcToolbox.

Figura 97. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 98. Ubicación de la Herramienta Mosaic to New Raster, mediante la función Data Management Tools.

Figura 99. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Figura 100. Ilustración de los polígonos de terrenos forestales incendiados 2010-2013.

Figura 101. Asignación de la herramienta *"Polygon to Raster".*

Figura 102. Estructura del modelo secuencial para la variable terrenos forestales incendiados 2010-2013.

Figura 103. Ubicación de la Herramienta Raster Calculator, mediante la función Map Algebra.

Figura 104. Ventana de la herramienta Raster Calculator y sus parámetros.

Figura 105. Integración de las 7 capas de información para generar el mapa de riesgo.

Figura 106. Opción de las propiedades de riesgo_jal.

Figura 107. Ventana y parámetros para clasificar los valores de riesgo.

Figura 108. Ventana y parámetros para clasificar los valores de riesgo.

Figura 109. Ilustración del mapa de riesgo con sus diferentes niveles.

Figura 110. Estructura del modelo secuencial riesgo de incendio forestal.

Figura 111. Mapa de riesgo de incendios forestales y su representación a diferentes escalas geográfica.

1. INTRODUCCIÓN

México es un país megadiverso debido a la gran riqueza biológica de sus ecosistemas. Estos ecosistemas son considerados patrimonio nacional por lo tanto deben ser una prioridad de conservación (CONAFOR 2008). Sin embargo, estos recursos se ven afectados por diversos factores, entre ellos los incendios forestales. En México se estima que cada año los incendios afectan en promedio 250,000 hectáreas de ecosistemas forestales. Y la mayoría de estos (98%) son provocados por el hombre, y el resto por fenómenos naturales (CONAFOR, 2013). Es así que los incendios forestales son una problemática que necesita atención, para esto se han implementado diversas estrategias, las cuales se integran bajo el concepto de manejo del fuego. En el cual, entre otros aspectos, deben definirse las áreas de atención prioritaria contra incendios forestales. Esto debido, a que los recursos humanos y económicos son limitados.

Para la definición de áreas prioritarias existen múltiples metodologías, las cuales consideran, generalmente, los criterios de riesgo, peligro y valor. Debido a que estos criterios involucran una elevada cantidad de variables, se hace necesario el uso de tecnologías que sean prácticas y aseguren una administración de datos georreferenciados y que optimicen el manejo y el análisis de la información geoespacial. Como lo son los sistemas de información geográfica.

De acuerdo con lo anterior, en este libro se describe un procedimiento práctico, en forma de manual, para la generación de cartografía temática, sobre riesgo de incendios forestales. El cual se basa en el análisis espacial de los criterios de riesgo de incendio que propone la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2010). Siendo importante señalar que, aunque este manual puede ser usado por personas que tengan pocos conocimientos en sistemas de información geográfica (SIG), si es necesario contar con algo de experiencia en el manejo de estos programas. Finalmente, uno de los principales propósitos es que este libro sirva para homogenizar procesos, con lo que se tiende a poder comparar y compartir información georreferenciada sobre el tema de riesgo de incendios forestales, además

se genera una aplicación que tendrá como objetivo la automatización con modelbuilder.

2. ANTECEDENTES

Entre las estrategias de manejo de incendios forestales se encuentra la determinación de áreas prioritarias, en base a estas dirigir los esfuerzos y recursos a los sitios que más lo requieran. Para esto los sistemas de información geográfica (SIG) son una herramienta muy útil, ya que con base al análisis de una serie de variables georreferenciadas se puede generar una clasificación que identifique las áreas de mayor prioridad. Estos sistemas permiten, entre otras cosas, administrar, ordenar, analizar y procesar información georreferenciada. Con lo que finalmente es posible la generación de mapas temáticos, donde se ubiquen las áreas prioritarias por riesgo de incendios forestales de una región.

El riesgo de incendio es definido como la probabilidad de que se produzca un incendio en una zona determinada y en tiempo determinado, lo cual depende de factores, actividades humanadas, presencia de caminos entre otros (INFOCA, 2015).

Para el análisis de riesgo de incendios forestales, se estudian las variables que propician el inicio de estos. Tales como la presencia de zonas urbanas, actividades agropecuarias y vías de comunicación entre otras (Rodríguez *et al.,* 2011). Al respecto la CONAFOR, usa las variables: localidades, vías de comunicación e incidencia histórica de incendios. Con base a estas se puede determinar áreas de riesgo de protección contra incendios.

A pesar de que en México la disponibilidad de la información es limitada, existen en la actualidad distintos trabajos tanto a nivel nacional como internacional donde se utiliza el criterio de riesgo de incendios para la determinación de áreas prioritarias contra incendios forestales (Cuadro 1).

Cuadro 1. Trabajos realizados para la zonificación bajo el criterio de riesgo, para prevenir incendios forestales.

AUTOR	AÑO	PAÍS	OBJETIVO	VARIABLES PARA ZONIFICACIÓN
Blanco, García, Castelinou, Molina, Grillo y Pous	2008	España	Manual para la describir incendios forestales	Análisis de riesgo y peligro enfocado principalmente a comportamiento del fuego
CONAFOR	2010	México	Determinación de áreas prioritarias contra incendios forestales.	Utilizan los tres criterios. Riesgo peligro y valor.
CONAFOR	2011	Durango, México	Determinar la ocurrencia de incendios en Durango	Análisis de riesgo, peligro y valor.
Muñoz	2001	Nuevo León, México	Desarrollar un modelo espacial de peligro de incendios forestales	Análisis de riesgo con las variables actividades humanas y agropecuarias, infraestructura, caminos, cercanía a poblados e índice de causa de incendios
Miranda	2004	Nuevo León, México	Determinación de áreas prioritarias en base al criterio de riesgo de incendio	Análisis de riesgo además utilización del modelo digital de elevación e imágenes satelitales.
Plan INFOCA	2015	España	Describir y analizar el riesgo de incendios para Andalucía	Análisis de riesgo en que se incluyeron variables tanto relacionadas con el hombre como con las condiciones naturales
Villers y López	2002	Tlaxcala, México	Evaluar el riesgo de incendios y el comportamiento del fuego en el Volcán la Malinche	Análisis de riesgo mediante la evaluación de inventario de combustibles y variables físicas de terreno, así como del comportamiento del fuego
ITEJ	2013	Jalisco, México	Observatorio de incendios forestales	Análisis de riesgo se incluye como principal variable la ocurrencia de incendios a través de un satélite (MODIS)
Julio	1990	Chile	Diseñar un sistema de índice de riesgo de incendios forestales	Analizar el comportamiento de las variables, poblaciones, topografías relacionadas con la ocurrencia de incendios forestales
Pedernera y Castillo	S/A	Chile	Diseño y construcción de un índice de riesgo de incendios forestales	Permite estimar la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales, en 15 zonas de riesgo distribuidas a los largo de Chile
Verdín , Márquez, Cortes y Salmerón	2013	Durango, México	Evaluación de los incendios espacio-temporal 2000-2011	Análisis del espacio tiempo de los incendios registrados del periodo 2000-2011
Guzmán y Rodríguez	2008	Bolivia	Desarrollo de un modelo de riesgo y vulnerabilidad de incendios forestales	Análisis de las variables utilizadas en el desarrollo del modelo de riesgo de incendios y vulnerabilidad
Dorrego y Álvarez	2009	España	Mejorar el sistema de prevención y extinción de áreas afectadas por fuegos	Análisis de la cartografía de superficies quemadas
Rodríguez	2012	Bolivia	Evaluar los daños de que generan los incendios forestales	Generación de cartografía temática sobre incendios forestales

3. PLATAFORMA DE TRABAJO

En el presente libro se detalla, en forma de manual, los diferentes pasos que deben seguir en un SIG para definir áreas con diferente nivel de riesgo de incendio (alto, medio y bajo). Esto se basa en la ponderación (Valor numérico especifico) de ciertas variables, para esto se trabaja en una plataforma, o proyecto, en el SIG. Esta plataforma ayuda a realizar los diferentes análisis espaciales, en los que se combinan las diferentes variables.

El SIG en el que se desarrolló este manual corresponde a la plataforma en ArcGis. El cual permite el manejo relativamente fácil de varias aplicaciones y procesos para el análisis de información georreferenciada. Además, como todo SIG, es un “software" de datos geográficos, organizados para capturar, almacenar, consultar, analizar y presentar todo tipo de información espacialmente referenciada (Puerta, 2011). Aunque ArcGis permite toda una serie de alternativas de manejo y análisis de información georreferenciada, solo se describirán aquellas que se usan para el propósito de la generación de cartografía sobre riesgo de incendios forestales.

4. MODELO SECUENCIAL

También llamado “ciclo de vida clásico” o “modelo en cascada” sugiere un enfoque sistemático, secuencial para el desarrollo del software que empieza con el establecimiento de requisitos y pasa a las frases de análisis, diseño, codificación, pruebas y mantenimiento (Florez, 2009). En la figura 1 se muestra un ejemplo del modelo secuencial.

Los modelos secuenciales (ModelBuilder) a través de los Sistemas de Información de Información Geográfica (SIG) son herramientas para almacenar datos de las variables a las cuales propician a generar incendios forestales, el modelo es una manera automatizada que permite

generar resultados por medio de mapas (TIC GIS soluciones integrales S.L. 2015).

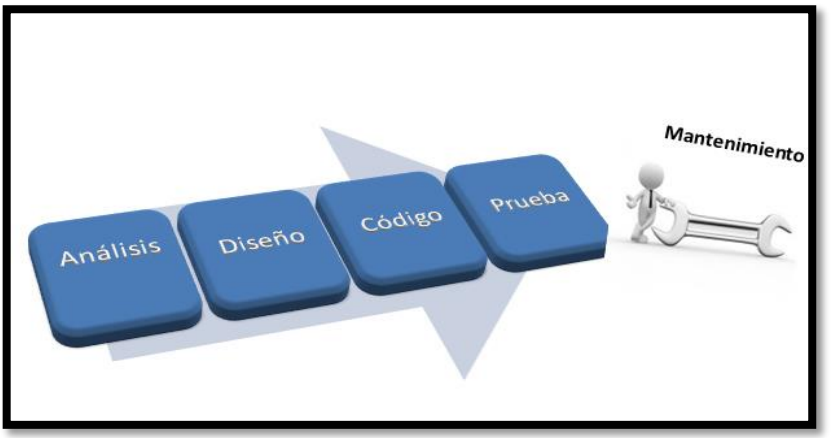


Figura 1. Diagrama de flujo que parte de un análisis que se diseña se codifica y se prueba.

4.1. Definición de modelo

Un modelo es una representación o conjunto real con cierto grado de precisión y en forma más completa posible, pero sin pretender aportar un replica de lo que existe en la realidad. Los modelos son útiles para describir, explicar o comprender mejor la calidad, cuando es imposible trabajar directamente en la realidad en sí (FAO, 2016).

La utilización de modelos es muy común en el uso de sistemas de información geográfica, por lo que son especialmente importantes porque en ellos se pueden comprender el funcionamiento y estructuración de los datos.

4.2. Modelbuilder en ArcGIS

La herramienta Model Builder es una aplicación que se utiliza para la creación, edición y administración de modelos de manera automatizada. Consiste en una serie de procesamiento y suministra la salida de una herramienta con otra herramienta como entrada y salida del producto. Por otro lado también se emplea como un lenguaje de programación visual que crea flujos de trabajo (figura 2) (MappingGIS, 2016). Para Esri (2012) el model builder lo define como una aplicación que crea, edita y administra datos. Además son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geo procesamiento y suministran la interacción con otra herramienta, lo cual es un lenguaje de programación visual. La aplicación puede resultar de gran utilidad cuando se necesita realizar tareas repetitivas y complejas (SIGnatura, 2014).

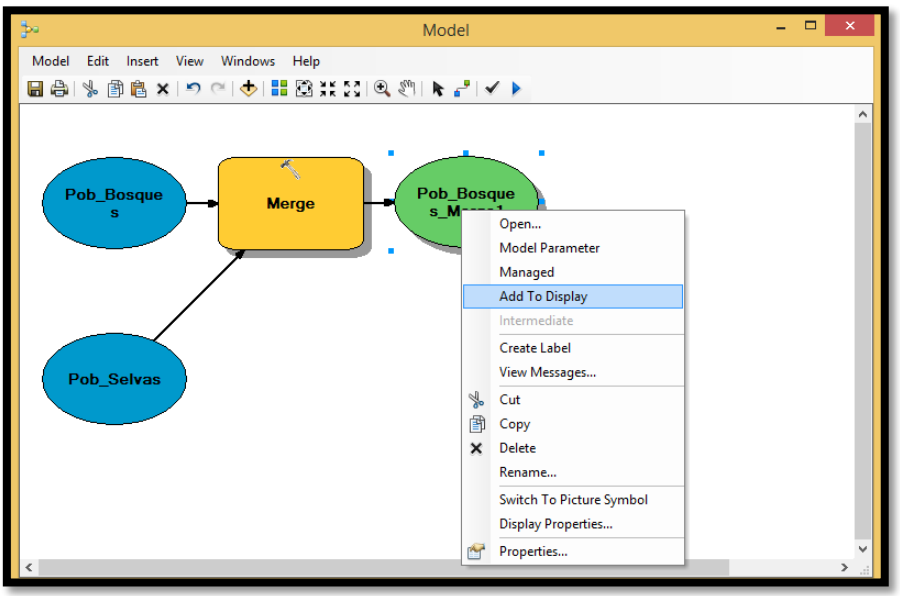


Figura 2. Aplicación de un modelo a una unión de las capas de bosques y selvas.

4.3. Utilidades

ModelBuilder en ArcGIS permite realizar lo siguiente:

- Crear un modelo agregando herramientas de geo procesamiento, capas de mapas, datasets y otros tipos de datos conectándolos a un proceso.
- Procesar de forma interactiva todas las clases de entidad, ráster, archivos o tablas de un espacio de trabajo.
- Visualizar la secuencia de su flujo de trabajo como un diagrama fácil de interpretar.
- Ejecutar un modelo paso a paso, hasta un paso seleccionado, o ejecutar el modelo por completo.
- Convertir el modelo en una herramienta de geo procesamiento que se puede compartir con otros usuarios o que se pueden utilizar en secuencias de comandos de Python y en otros modelos (ESRI, 2016).

La herramienta es útil para la construcción y ejecución de flujos de trabajos sencillos, pero a su vez proporciona métodos avanzados para ampliar la funcionalidad del ArcGIS ya que a su vez permite crear y compartir los modelos a modo de herramientas más sencillas.

Estos son algunos beneficios de utilizar ModelBuilder:

- Es una aplicación fácil de usar para crear y ejecutar flujos de trabajo que contienen una herramienta de secuencia de comandos.
- Puede crear sus propias herramientas con ModelBuilder ejemplo el Modelo Automatizado de las Localidades en Bosques y Selvas. Las herramientas que crea con la aplicación se pueden utilizar en secuencias de comandos de Python y otros modelos.
- ModelBuilder, junto con las secuencias de comandos, es una forma de integrar ArcGIS en otras aplicaciones (Fernández, 2012).

4.4. Generalidades

Es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar datos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocesamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. También se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo (Fernández, 2012).

En ocasiones los sistemas de información geográfica se requieren realizar trabajos o tareas donde se requiere hacer repetición de los procesos y esto crea la necesidad de contar con métodos para automatizar, ordenar y administrar los procesos realizados en varios pasos como flujos de trabajo. Es por ello que el programa ArcGIS proporciona un amplio conjunto de herramientas y un mecanismo para llevar una secuencia mediante los modelos a construir.

Características del modelbuilder.



Se refiere a las capas de entrada o elementos del proyecto (óvalos azules).



Las herramientas que se utilizan para ser ejecutadas (rectángulos amarillos).



Los datos obtenidos (óvalos verdes) producto de los geo procesos.


Conector (flecha) que muestra la secuencia de geo procesamiento (Salcedo, 2014).

4.5. Aplicaciones

Anteriormente se había dicho que la herramienta modelbuilder es útil para construir y ejecutar flujos de trabajo sencillos, pero también proporciona métodos avanzados para ampliar la funcionalidad del ArcGIS, ya que permite crear y compartir los modelos a modo de aplicación. Algunas aplicaciones del model builder en la vida diaria:

Aplicaciones en la ingeniería civil.- La delimitación de una cuenca hidrográfica. Geo referenciación del área de estudio, determinación de la ruta por la cual es más corto o más conveniente el paso de una red de alcantarillado o una vía según las condiciones dadas (Prezi, 2016).

Inventario forestal.- Es considerado como una adecuada herramienta para la planificación y análisis de los inventarios forestales. La implementación del model builder en inventarios forestales ha sido muy recurrente puesto que le diseño físico del inventario, definido en términos de la asignación de unidades muestrales se efectúa en forma automatizada (Corvalán y Hernández, 1999).

Diseño de vías y caminos forestales.- El trazado de la red de accesibilidad debe considerar la zonificación por riesgo potencial a la erosión, remoción o deslizamiento, evitando la construcción en zonas de alta o muy alta fragilidad (Gayoso y Alarcón, 1999).

Gestión e integración de datos altimétricos y batimétricos en la costa andaluza: el uso del "Model Builder".- Se diseñó una herramienta en ArcGis 9.3 que encadena varios procesos de análisis espacial a partir de la información original almacenada en la base de datos (curvas, cotas y datos raster). Finalmente se obtuvo información disponible del medio submarino (Zújar *et al.,* 2010).

Diseño de una herramienta SIG para la recogida selectiva de residuos urbanos.- En este trabajo se presenta una herramienta informática, basada en un sistema de información geográfica, con la que se puede diseñar el modelo de recogida de residuos más adecuado para una ciudad,

en cada momento y en las mejores condiciones posibles. La herramienta funciona como una extensión para ArcView 9.2, empleándose para su elaboración la aplicación Model Builder de ArcGIS. Permite realizar las actividades de ubicación de puntos de recogida, estimación de la generación en cada punto, contenerización, cálculo de rutas y valoración económica de la recogida (Gallardo *et al.,* 2010).

Fauna terrestre.- Se han recogido numerosos ejemplos de aplicaciones de los SIG a la gestión de especies concretas. También se recogen aplicaciones en el manejo de los habitas de fauna silvestre, en la valoración de los cambios a los que están expuesto y en la realización de índices de abundancia y censos (Sánchez *et al.,* 1999).

Ventajas del model builder.

1. No es necesario saber programar.
2. Interfaz clara y sencilla. Su entorno visual que simplifica mucho la comprensión del proceso que se lleva a cabo. Permite ver de forma gráfica como se procesa la información y permite separar los procesos, flujo de información y resultados.
3. Es una forma de entender cómo funcionan los procesos espaciales.
4. Se pueden integrar un scripts de python en un modelo.
5. El Model Builder de ArcGIS permite exportar los modelos a código Python.

Desventajas del model builder

1. Los modelos funcionan para procesos muy cerrados y difícilmente se pueden readaptar.
2. Es posible realizar acciones sobre los proyectos si se incluye un script que llame a la clase correspondiente, por ejemplo la clase QgsProject en el caso de QGIS).
3. En el caso de trabajar con ArcGIS, no es recomendable la práctica de hacer un modelo complejo y exportarlo a Python. Con sentencias sencillas funciona, pero cuando el proceso se complica el código generado no suele funcionar en Python y además mezcla la

librería Arcpy con el objeto geoprocessing (anterior a Arcpy), lo cual puede ser confuso (MappingGIS, 2016).

4.6. Entorno de ModelBuilder

Los elementos del modelo que utiliza modelbuilder en su lenguaje cuentan con tres elementos básicos: herramientas, variables y conectores las herramientas propiamente dichas, las variables y los conectores.

1. Herramientas.- Son bloques de construcción básicos de flujos de trabajo en un modelo, las herramientas llevan a cabo varias acciones de datos geográficos o tabulares.

2. Variables.- Son elementos de un modelo que contienen un valor o una referencia de datos almacenados en el sistema.

3. Conectores.- Como su nombre lo dice conectan datos y valores a las herramientas las cuales se expresan en flechas de conexión donde indican la dirección.

5. CRITERIOS DE PONDERACIÓN DE RIESGO DE INCENDIO

Para la priorización de áreas, la CONAFOR consideró los criterios de riesgo, peligro y valor (Figura 3). Así mismo, específicamente para el criterio de riesgo, se consideran las siguientes variables:

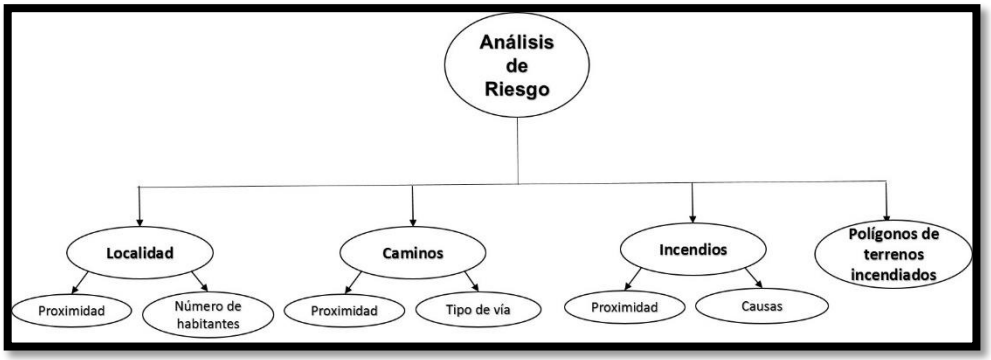


Figura 3. Variables que se utilizan para riesgo de incendio (Modificado de CONAFOR, 2010.).

El proceso de la definición de áreas de riesgo de incendio forestal, requiere asignar ciertas ponderaciones a los valores de las variables utilizadas. En este manual se basa en los criterios de ponderación que maneja CONAFOR, (2010).

5.1. ÁREAS FORESTALES

De acuerdo a CONAFOR (2010) se utilizó una regionalización con selvas y bosques como áreas de influencia para incendios forestales. Esto debido a que estos ecosistemas son los más afectados en México por estos fenómenos, dada su amplia distribución, además de su gran riqueza en recursos maderables. Estos materiales (troncos, ramas y hojas) son precisamente los combustibles que tienen posibilidad de generar incendios o contribuir a su propagación. Con base a ello, la definición de riesgo de incendios forestales se hace en relación a un marco geográfico específico. El cual se define con base a la ubicación y delimitación de las áreas forestales que comprenden los bosques y selvas. Para esto, se sugiere trabajar con las cartas de uso de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Específicamente, se

recomienda trabajar con las Series IV o V, o la más actualizada que se tenga en el momento.

5.1.1. Bosques

Son ecosistemas donde dominan arboles altos comúnmente, en México los principales son pinos y encinos acompañados por otras especies que habitan en zonas montañosas con clima templado a frío. En el país habitan el 50% (50 especies) de las especies de pinos (*Pinus*) del mundo y cerca del 33% (200 especies) de encinos (*Quercus*) (CONABIO, 2015). Distintos programas de organizaciones privadas o de gobierno, han buscado su protección contra incendios forestales (CCMSS, 2012). Sin embargo en la actualidad, estos fenómenos siguen afectando estas áreas forestales.

5.1.2. Selvas

Las selvas son ecosistemas con bastante densidad vegetal, localizados generalmente en zonas con climas cálidos y lluviosos. Las temperaturas medias oscilan entre los 24 y 30°C, tienen una distribución del 50% de la biodiversidad del planeta, es el lugar de hibernación para muchas especies de aves migratorias, y además son sitios con la más alta interdependencia plantas-animales. Anteriormente los incendios en estos sitios eran poco comunes debido a su elevada humedad, sin embargo en la actualidad son más frecuentes a escala mundial, al grado que aproximadamente el 50% de los lugares afectados corresponden a áreas tropicales, en lo cual México no queda exento (Neri *et al.,* 2009).

5.2. LOCALIDADES

La presencia de localidades se debe tomar en cuenta para la priorización de áreas de protección, ya que se considera que varias de las actividades productivas del hombre involucran el uso del fuego.

5.2.1. Descripción

Una localidad es un lugar ocupado con una o más edificaciones utilizadas como viviendas, las cuales pueden estar o no estar habitadas (INEGI, 2011). De esta forma se definen, ciudades, pueblos, rancherías, etc. Con esto se pretende ubicar las localidades dentro de una cierta área de interés. Esta información se puede integrar en diferentes escalas: nacional, estatal, municipal, ejidal. Cada una de estas localidades debe estar georreferenciada.

5.2.2. Fuentes de información

Uno de los primeros problemas que se afronta es el conseguir la información base que se analizará. Se tomaron como base, los datos vectoriales del INEGI, a través del Marco Geo estadístico Nacional; además de las localidades de Población del 2010.

5.2.3. Niveles de ponderación

En este manual se usaron los niveles de ponderación para localidades que define CONAFOR (2010), para la estimación de áreas de atención prioritarias de riesgos de incendios forestales. Para lo cual se consideran dos aspectos que son: a) cercanía a las poblaciones y b) número de habitantes en cada población. En el primer aspecto se consideran los rangos de ponderación que se presentan en el Cuadro 2. Para entender esto se debe considerar, que entre más cercano se esté un lugar forestal de un poblado, se tiene más probabilidad de que se inicie un incendio, por lo tanto la ponderación será mayor. Esto debido a las diferentes actividades humanas que pudiesen propiciarlo, como son quema de residuos agrícolas, el tirar colillas, descuidos, etc. Por el contrario los sitios, o áreas, que están a más de 2,500 m de una localidad se les asignarían un valor de ponderación menor.

Cuadro 2. Valor de ponderación de por distancia de proximidad a localidades (m).

Ponderación	Distancia

4	0-500
3	501-1000
2	1001-2000
1	2001-2500

En el caso del número de habitantes por localidad, la CONAFOR considera los criterios de ponderación que se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Valor de ponderación de localidades por su número de habitantes (miles).

Ponderación	Número de habitantes
2	199-50
1	49-0

5.2.4. Secuencia de generación

Dentro de ArcGis, la visualización, se realiza principalmente en la plataforma ArcMap (Figura 4). Para añadir la información hay que pulsar el botón **Add Data**  y navegar hasta la capa de "Localidad" de INEGI la cual se pretenden analizar (Figura 5).

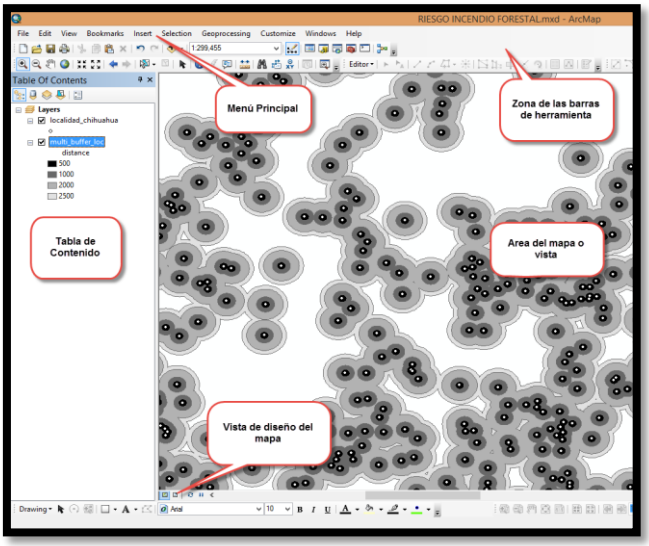


Figura 4. Interface de la Plataforma ArcMap (ArcGis 10.1).

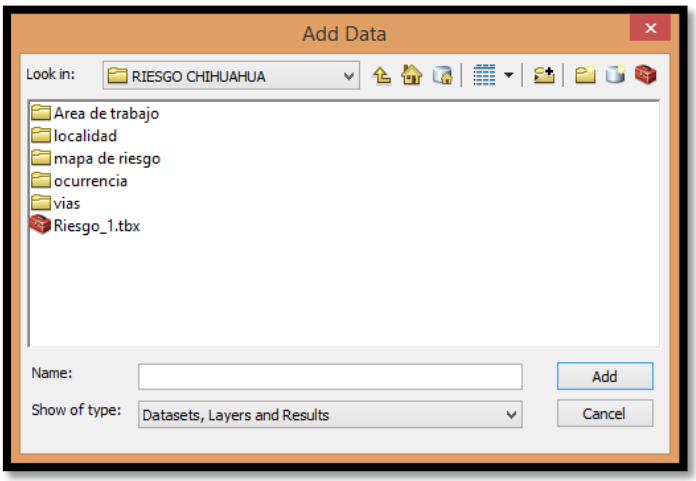


Figura 5. Ventana para añadir capas de información geográfica.

Así mismo, como primer paso se añade la capa “localidad” como primer variable en la tabla de contenidos. Por lo que, se procede a elaborar el

análisis de proximidad. Lo cual, ya se señaló, en los rangos de ponderación (Cuadro 1).

Para obtener el primer análisis, se desarrollaran una serie de geo procesamientos mediante la caja de herramientas de ArcGis, (**ArcToolbox**). En ese sentido, se selecciona, la caja de herramientas **Analysis Tools**. Posteriormente la función "***Multiple Ring Buffer***" (Figura 6), con la cual se obtendrán las áreas de influencia por localidades de 0-500 m, 501-1000 m, 1001-2000 m y 2001-2500 m. Para Guillermo (s/f) mediante la herramienta ***"Multi Ring Buffer"*** localizaron zonas de influencia de la red de comunicación de las capas de las masas forestales en la Universidad Politécnica de Cataluña, España.

En la ventana de diálogo de la herramienta ***"Multiple Ring Buffer"*** (Figura 7), se añaden los parámetros que se requieren para obtener el geo proceso. A continuación se describe cada uno de los apartados: **Input Features**, se selecciona la capa "Localidad". Posteriormente, en **Output Feature Class**, se define donde será el destino de la capa resultante y su nombre. En este sentido se le denominó "***multi_buffer_loc***". Enseguida se específica en el apartado **Distance**, definir las áreas de influencia (buffer). Posterior "**Buffer Unit (optional)**", definir la unidad de medida (metros). En el apartado "**Field Name (optional)**" se añade "distance", "**Dissolve Option (optional)**" se deja por defecto en "ALL". Finalmente pulsar el botón "**OK**".

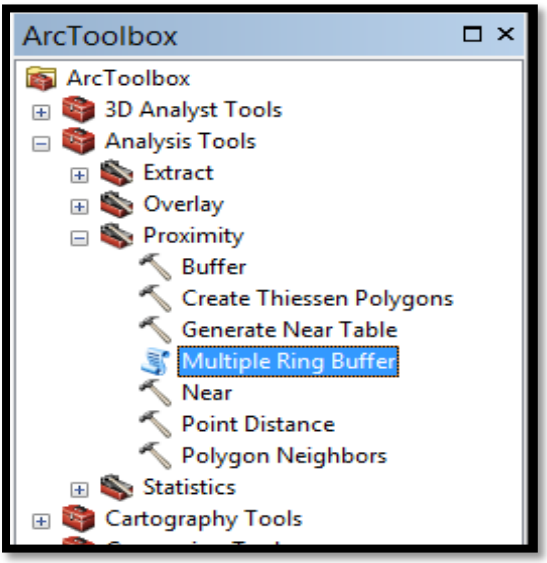


Figura 6. La ubicación de la herramienta "Multiple Ring Buffer", dentro de la caja de herramientas (ArcToolbox) de ArcGis.

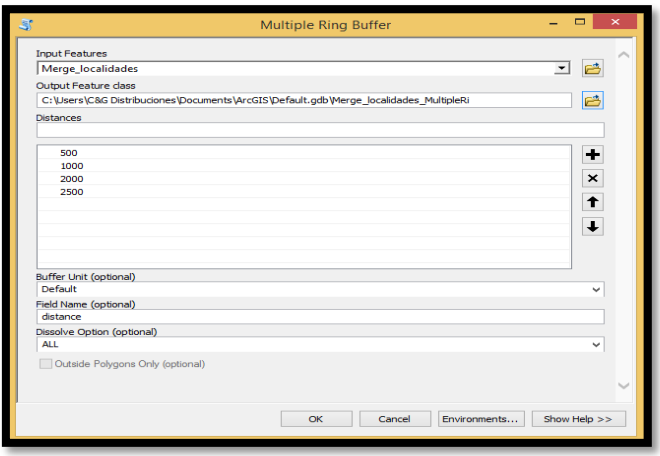


Figura 7. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Esto permitirá la creación de múltiples áreas de influencia (buffer) en un solo archivo shapefile (Figura 8) y (figura 9).



Figura 8. Esquema de distancia de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), en formato shapefile.

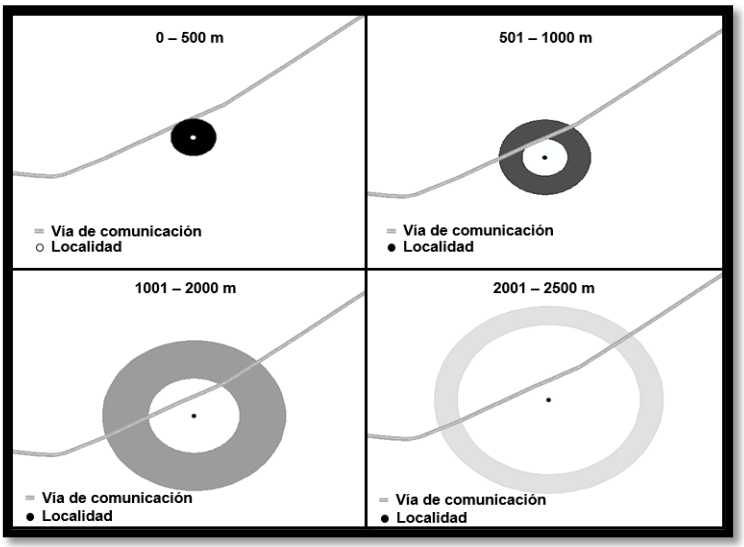


Figura 9. Ejemplo de distancia de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer).

Una vez que el proceso haya finalizado, lo siguiente es convertir esta capa shapefile a formato raster. Para esto se utilizará la función "***Polygon to***

Raster" (Figura 10). Dentro de la caja de herramientas **Conversion Tools**, en consiguiente **To Raster**, de (ArcToolbox). Por su parte Lozano (2008) utilizó el método de rasterización de una capa de zonas de influencia, que servirá como insumo para obtener las áreas de actuación cortafuegos en Cataluña, España.

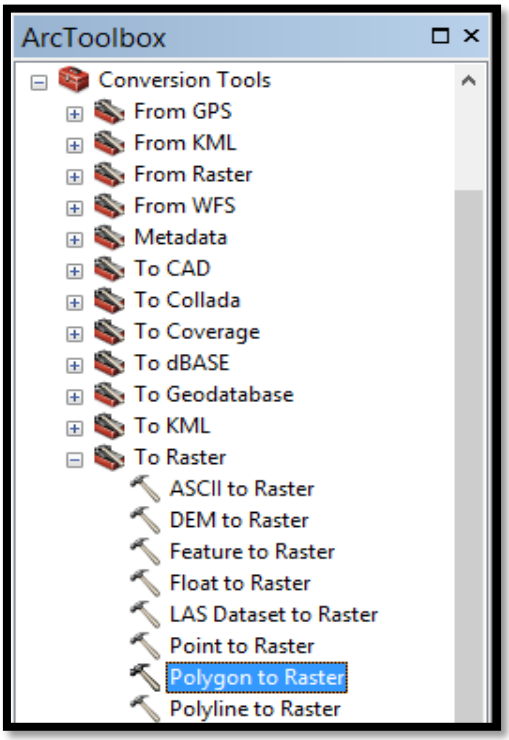


Figura 10. La ubicación de la función "Polygon to Raster", dentro de la caja de herramientas de ArcToolbox.

En la ventana de dialogo de la función ***"Polygon to Raster"*** (Figura 11), se debe definir los siguientes apartados, para llevar acabo el geo proceso: en **Input Features**, añadir el shapefile que se convertirá a formato raster, en este ejemplo "***multi_buffer_loc***". En el apartado **Value field**, señalar el campo o variable, que contiene la base de datos del Shapefile, "*Distance*". **Output Raster Dataset**, Lugar de destino y nombre del nuevo raster

"***multi_ras_loc***"; posterior **Cell assignment type**, se desglosará un menú de opciones, señalar **CELL_CENTER**. En **Proximity field**, se desglosará un menú de opciones, señalar **NONE**; Último apartado, **Cellsize (optional)**, se definirá el tamaño de pixel, teniendo en cuenta que es opcional, en este sentido a (0.00012), "120 m". Concluir en pulsar el botón "**OK**".

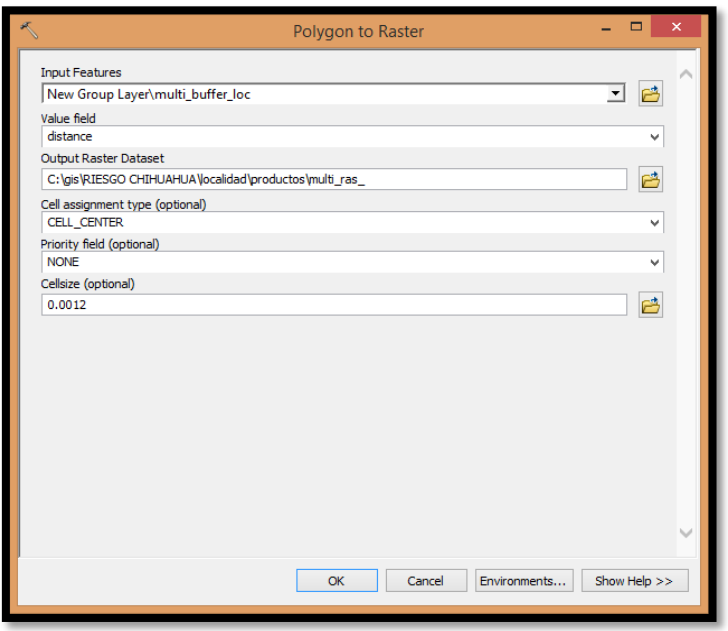


Figura 11. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Finalmente se obtiene como resultado las múltiples áreas de influencia (buffer) en formato raster (Figura 12).

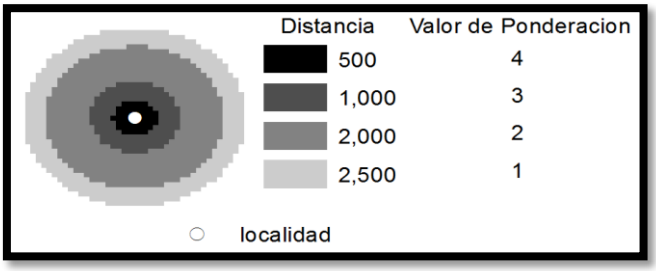


Figura 12. Esquema de distancia, de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), en formato raster.

A continuación se asigna el valor de ponderación a la capa raster, por medio de una reclasificación de valores, para este geo proceso se utiliza la función "***Reclassify***" (Figura 13). Mediante ArcToolbox, esta herramienta, se localiza dentro de **3D Analyst Tools**, posterior **Raster Reclass.** Para Eydel *et al.,* 2011. Señala que es una de las técnicas más usadas en el análisis de los datos espaciales raster debido a que posibilitan la búsqueda y recuperación de forma selectiva de los datos espaciales. Por lo tanto es una técnica de generalización utilizada para reasignar valores en una capa de entrada, tales como: la forma, el tamaño, la medida de los pixeles, el grado de continuidad y así crear una nueva capa de datos.

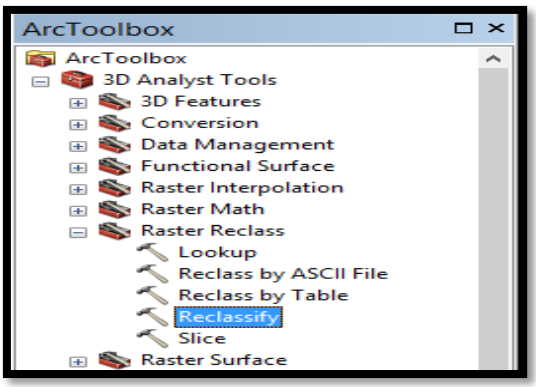


Figura 13. La ubicación de la función "Reclassify", dentro de la caja de herramientas Arctoolbox.

En la ventana de dialogo de la función ***"Reclassify"*** (Figura 14), se deben definir los siguientes parámetros, mediante los siguientes apartados: **Input Raster**, añadir la capa raster, para la reclasificación, "***multi_ras_loc***". En el apartado **Reclass field**, señalar el campo o variable, que contiene la base de datos del raster, "*Value*". En **Reclassification**, se muestra un recuadro en el que se asignará los nuevos valores de ponderación. Posteriormente en el apartado **Output raster** se asignará una carpeta de destino y nombre de la capa a reclasificar, ejemplo "***Reclas_Loc***". Concluir en pulsar el botón "**OK**".

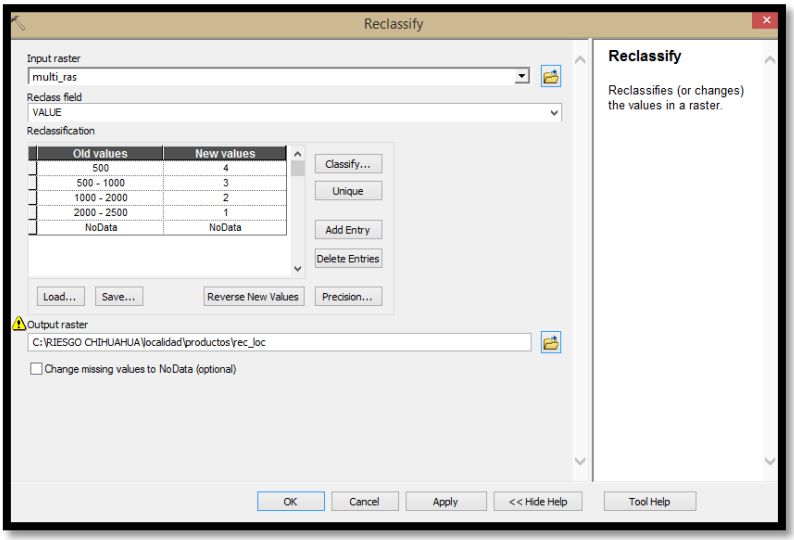


Figura 14. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Una vez que el geo proceso de reclasificación de valores haya finalizado, el siguiente geo proceso será la unión de raster, con ayuda de la herramienta ***"Mosaic to New Raster".*** Por el cual se utilizará el raster **"*Reclas_Loc*"** y el límite de estado como base; por mencionar un ejemplo (Chihuahua).

Sin embargo, el límite de estado se encuentra en formato Shapefile, por lo que será necesario crear dentro de la base de datos una nueva columna y asignarle un valor de ponderación.

Por esta razón, una vez que se ha ubicado la capa del estado de chihuahua en la tabla de contenidos **(Table Of Contents)**, se resalta (con pulsar el botón izquierdo del cursor). Esto se verifica al ver que la capa seleccionada se encuadra con color azul (Figura 15). Una vez hecho esto, el cursor se ubica en esta capa, pulsar, con el botón derecho del cursor, desplegándose un cuadro con un menú de opciones. Se señala y se tendrá que abrir la tabla de atributos (**Open Atribute Table**).

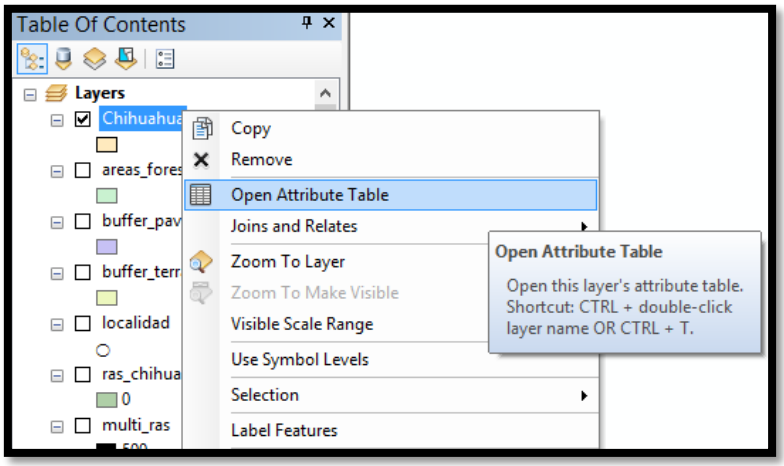


Figura 15. Despliegue del menú de opciones, donde se ubica la opción para abrir la tabla de atributos (Open Attribute Table).

Una vez abierta la tabla de contenidos (Figura 16), se procede a crear dentro de la base de datos una nueva columna. Con el apuntador pulsar con botón izquierdo en el icono tabla de opciones (**Table Options**), se despliega, ubicando "**Add Field**" (Figura 17). No obstante se abrirá una ventana, para añadir los parámetros que se requiere, para crear el nuevo campo o variable. Así mismo asignar un nombre como encabezado, este

será "**pon**". En el siguiente apartado, se refiere al tipo de propiedad que llevará la nueva columna, se desglosará un menú de opciones, en este caso será de tipo numérico (**Type: Double**). Concluir en pulsar el botón "**OK**".

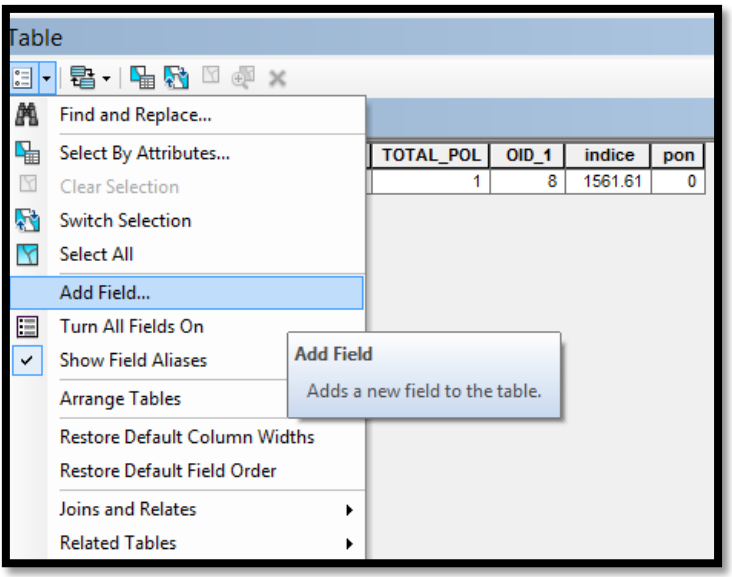


Figura 16. Ventana para crear una columna nueva en la tabla de atributos.

Una vez que se crea la columna nueva, se le asignará la ponderación correspondiente. Pulsando el botón derecho del cursor, sobre dicha columna, en ella se desglosa un menú de opciones, señalar "**Field Calculator**" (Figura 18). Por consiguiente se abrirá la calculadora de columnas, en ella se asignará en el apartado de expresiones la ponderación valor null (cero). Este geo proceso permite generar el valor asignado a todas las filas de la columna (Figura 19).

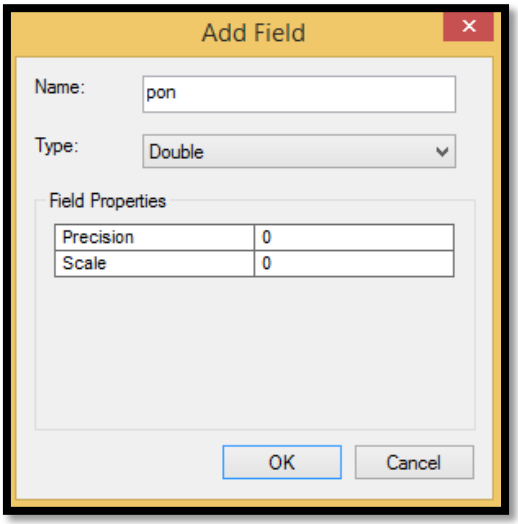


Figura 17. Asignación de parámetros, para la columna nueva “pon”.

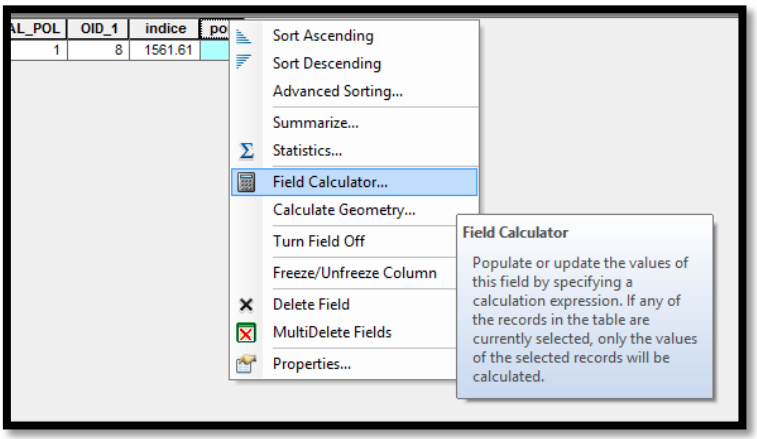


Figura 18. Despliegue del menú de opciones, y ubicación de la calculadora de columnas “Field Calculator”.

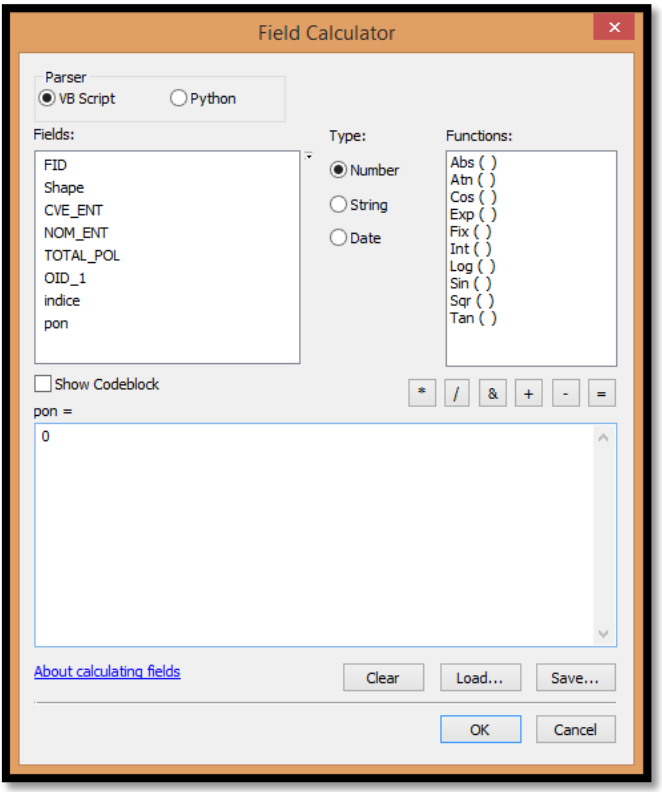


Figura 19. Aplicación de "Field Calculator", con el valor de ponderación de 0.

Una vez que se obtenga el valor ponderado (cero) dentro de la base de datos de la capa, lo siguiente es convertir el shapefile a formato raster. Para ello se utilizará el geo proceso de la herramienta ***"Polygon to Raster***" ver (figura, 10). Quedando como resultado la conversión de la capa "Chihuahua" de shapefile a formato raster.

En último término, realizar una integración de los raster generados mediante la herramienta ***"Mosaic to New Raster"***. Mediante ArcToolbox, esta herramienta, se localiza dentro de **Data Management Tools**, posterior **Raster**, en consiguiente **Raster Dataset** (figura 20).

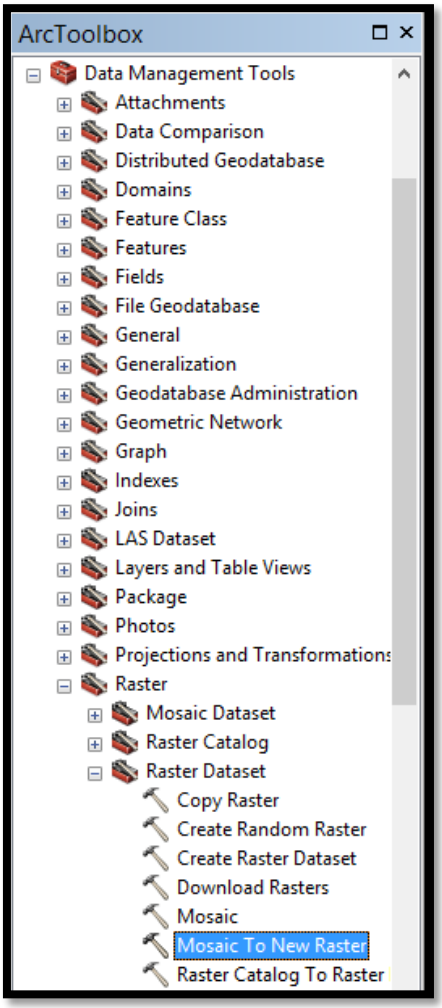


Figura 20. Ubicación de la Herramienta Mosaic to New Raster, mediante la función Data Management Tools.

En la ventana de dialogo de la herramienta ***"Mosaic To New Raster"*** (Figura 21), se debe definir los parámetros, mediante los siguientes apartados: **Input Rasters**, añadir las capas rasters, para la integración, ("***Reclas_Loc***" y "**Chihuahua**"). En el apartado **Output Location** nombre y lugar de destino. En **Raster Datasets Name whit Extensions**, asignar

nombre del raster "***mosaic_loc***". En **Spatial Reference for Raster (optional)**, WGS_1984_UTM_Zone_13_N. En **Pixel Type (optional)**, el parámetro que aparece, se dejará por "default". Concluir en pulsar el botón "**OK**".

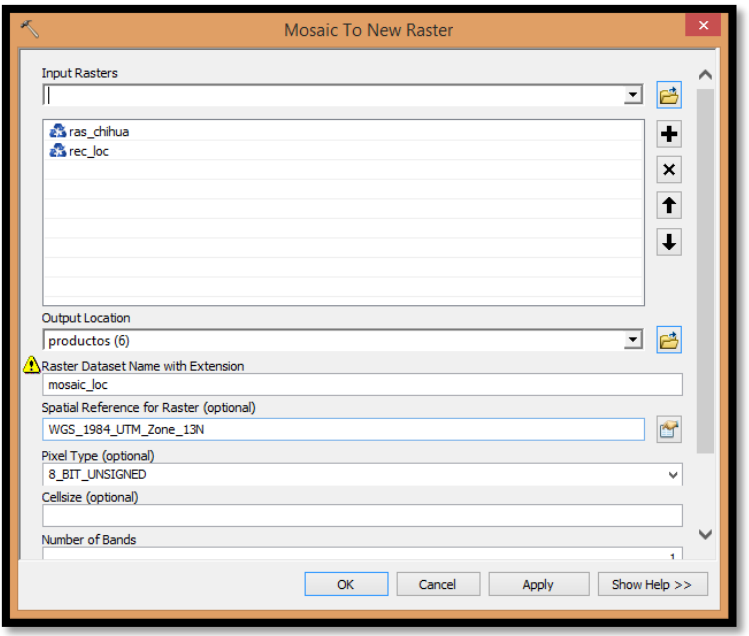


Figura 21. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

El objetivo principal de esta herramienta, consiste en generar una malla con valores en los pixeles, ya que en este tipo de archivos es posible sumar sus valores de ponderación correspondientes, el cual más adelante se requerirán cada uno de estos productos, para determinar las áreas de riesgo de incendio forestal.

A continuación se realiza el análisis por número de habitantes. Para obtener el tamaño de la población de cada localidad.

Para ello, se requiere una serie de geo procesos que ayudaran a obtener este dicho análisis, por lo consiguiente, se utilizara la caja de herramientas ***"Select"***, para seleccionar únicamente las localidades con población menor a 199 mil habitantes.

Mediante **"ArcToolbox"**, esta herramienta, se localiza dentro de "**Analisys Tools"**, posterior en la opción "**Extract"** (Figura 22).

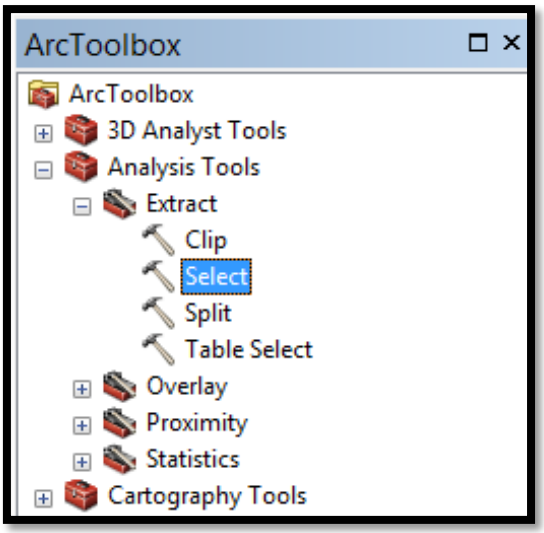


Figura 22. Ubicación de la herramienta para seleccionar (Select), dentro de la caja "Analysis Tools".

En la ventana de dialogo de la herramienta ***"Select"*** (Figura 23), se tendrá que definir los parámetros, mediante los siguientes apartados: **Input Features**: añadir la capa de "Localidad". En el apartado **Output Feature Class:** nombre y lugar de destino, el cual se le denominó como "***Pob_loc_0_199***". En el apartado **Expression (optional):** Para obtener los rangos de la población que se requieren trabajar, se debe agregar una formula o "Expression". Para esto, pulsar el icono  para abrir la ventana de la función de búsqueda (Query Builder) (Figura 24). El objetivo de esta función, es seleccionar únicamente las localidades menores a 199,000 habitantes, definiendo la siguiente expresión: **POBTOT< 199**

Para realizar la expresión, se describen los siguientes pasos en la ventana de dialogo de la función: paso 1.- en el apartado de variables, señalar "POBTOT", paso 2 y 3, del teclado numérico, pulsar los botones: signo **"="** y posteriormente el signo **"<"**, paso 4.- pulsar el botón "**Get Unique Values**", en la parte superior, se abrirán los datos del tipo de variable, en este ejemplo los valores de población, quedando como paso 5.- señalar la cantidad de población a 199,000 habitantes; asimismo en este paso se obtiene la sintaxis de la expresión correcta. Como paso 6.- pulsar en el botón "**ok**" de la función Query Builder.

Por ultimo en la ventana de dialogo de la herramienta, pulsar el botón "**ok**"

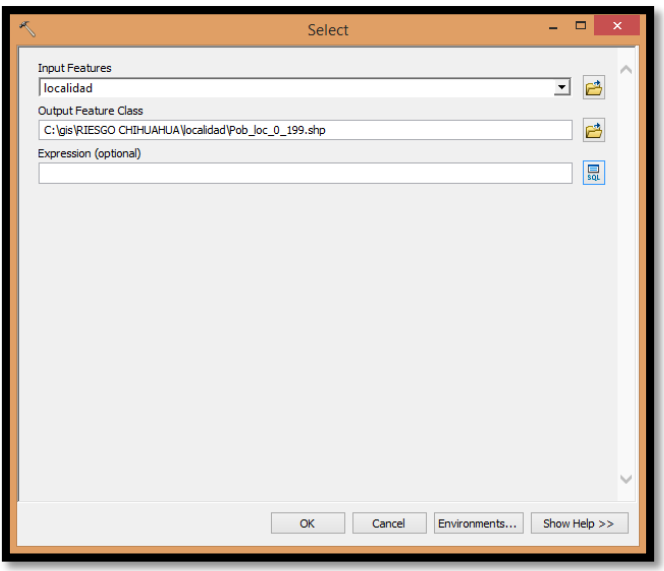


Figura 23. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

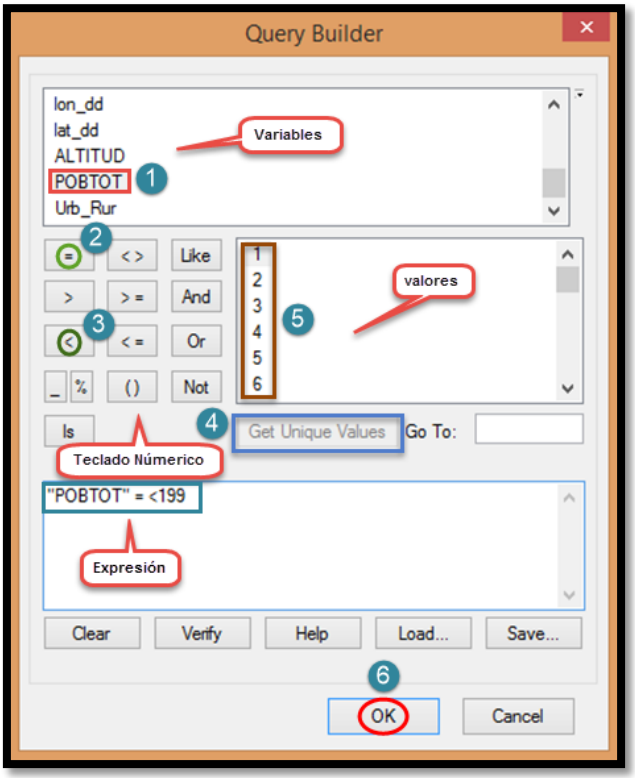


Figura 24. Ejecución de la función Query Builder.

Cabe mencionar, que la variable “POBTOT” es parte de la información de la base de datos integrada en la capa de “Localidad”.

Posterior a la asignación de la población menor a 199,000 habitantes, se realizará una clasificación, conforme los rangos de ponderación (Cuadro 2).

A lo mencionado, una vez que se ha ubicado el shapefile “***Pob_loc_0_199***” en la tabla de contenidos (**Table Of Contents**), se resalta (con el botón izquierdo del cursor). Esto se verifica al ver que la capa seleccionada se encuadra con color azul (Figura 25). Pulsar en el botón derecho del cursor, desplegándose un cuadro con un menú de

opciones, señalar y pulsar en abrir tabla de atributos (**Open Atribute Table**).

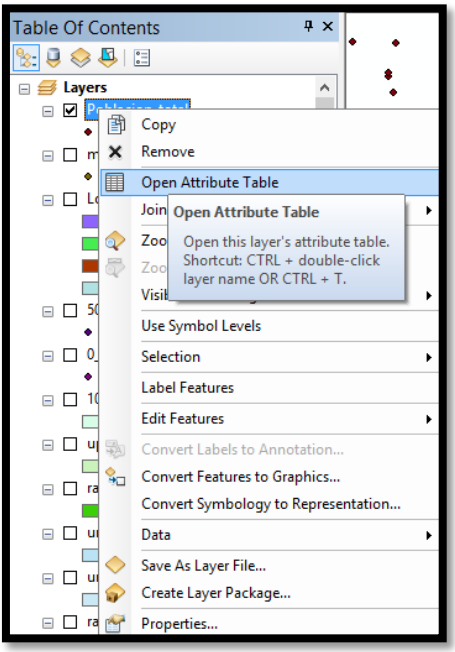


Figura 25. Desglose del menú de opción para abrir la tabla de atributos del shapefile.

En la tabla de atributos se tendrá que realizar una selección del rango de población de 50 a 199 mil habitantes (Figura 26).

Table

Poblacion_total

NOM_ENT	NOM_MUN	NOM_LOC	ALTITUD	POBTOT	lon_dd	lat_dd
Jalisco	Acatic	LAS HUERTAS	1294	1	-102.921667	20.84638
Jalisco	Ahualulco de Mercado	EL TRAPICHE	1543	1	-103.985	20.84166
Jalisco	Bolaños	LA BARRANCA	1426	1	-103.841667	21.84333
Jalisco	Bolaños	LA CIÉNEGA	1405	1	-104.096667	21.872
Jalisco	Bolaños	EL ASTILLERO	2509	1	-103.865	21.89166
Jalisco	Bolaños	LAS PEDRITAS	1488	1	-104.156667	21.81305
Jalisco	Cabo Corrientes	EL NARANJAL (LA QUINTA)	0458	1	-105.309444	20.27194
Jalisco	Cabo Corrientes	PALMILLAS	0522	1	-105.2025	20.23222
Jalisco	Cabo Corrientes	EL AGUACATE	0941	1	-105.188333	20.38055
Jalisco	Cabo Corrientes	SAN ISIDRO	0594	1	-105.3675	20.34638
Jalisco	Cabo Corrientes	LA PUERTA	0519	1	-105.275556	20.24277
Jalisco	Cabo Corrientes	EL POTRERO	0880	1	-105.225556	20.36555
Jalisco	Casimiro Castillo	LA PIÑA	0576	1	-104.42	19.567
Jalisco	Casimiro Castillo	EL RANCHITO DE MEDA	0340	1	-104.443611	19.59555
Jalisco	Zapotlán el Grande	LOS SOLANES	1959	1	-103.408333	19.73583
Jalisco	Concepción de Buenos Air	LA MÁQUINA	2012	1	-103.331667	19.94472
Jalisco	Cuautitlán de García Barrag	EL RAYO	0838	1	-104.415278	19.35444
Jalisco	Cuautla	LA PROVIDENCIA [EL INVERNADERO]	1924	1	-104.508056	20.19944
Jalisco	Chimaltitán	EL CUICÓN (EL CUECÓN)	2043	1	-103.5925	21.58722
Jalisco	Chiquilistlán	AGUA DELGADA	1622	1	-103.822222	20.13833
Jalisco	Ixtlahuacán del Río	SAN FRANCISCO	1747	1	-103.335556	20.99055
Jalisco	Jesús María	RANCHO LAS CUEVAS	2018	1	-102.123889	20.78416
Jalisco	Magdalena	MINA SAN SIMÓN	1484	1	-104.023611	20.99305
Jalisco	Puerto Vallarta	LA MESA DEL VELADERO	0361	47	-105.071667	20.79583
Jalisco	Tonalá	LA BARRANCA DE SAN GASPAR	1429	47	-103.228333	20.68222
Jalisco	Mezquitic	LOS NOPALES	1435	48	-104.364167	22.02527
Jalisco	Villa Purificación	EL PLAN DE LOS PLÁTANOS	0500	48	-104.706944	19.95861
Jalisco	Quitupan	CAÑADA SECA (LAS ÁNIMAS)	2077	48	-102.936667	19.79194
Jalisco	Talpa de Allende	LOS ENCINOS	0220	48	-105.022222	20.14972
Jalisco	Yahualica de González Gall	LOMA COLORADA	2169	48	-102.995833	21.20555
Jalisco	Zapopan	LOS CAMACHOS	1162	48	-103.340278	20.82027
Jalisco	Huejuquilla el Alto	LA MURALLA	1721	48	-103.940556	22.73722
Jalisco	Jilotlán de los Dolores	LA GUADALUPE	0901	48	-103.071944	19.35166
Jalisco	Mezquitic	OCOTA (LA TABERNA)	1725	48	-103.795833	22.17416
Jalisco	Tecalitlán	COCOYUL	0920	48	-103.180278	19.01916
Jalisco	Tuxcacuesco	PALMAR DE LOS CAMBEROS	0857	48	-104.06	19.72944
Jalisco	Cabo Corrientes	LAS JUNTAS DEL TUITO (PUENTE LA PUCHITECA)	0354	49	-105.309167	20.24916
Jalisco	Cuautitlán de García Barrag	LOS LLANITOS (TEPEJILOTE)	0724	49	-104.275833	19.41944
Jalisco	Jilotlán de los Dolores	LIMONCITO DE CASTREJÓN (EL LIMONCITO)	1102	49	-103.0725	19.2275
Jalisco	Mezquitic	LÁZARO	1532	49	-104.215278	22.21777
Jalisco	Mezquitic	LOS TOROS	1853	49	-104.206944	22.31472
Jalisco	Talpa de Allende	EL NACASTE (LA PAROTA)	0659	49	-104.991944	20.24166
Jalisco	Cabo Corrientes	LAS PLAYITAS (ADOLFO LÓPEZ MATEOS)	0020	49	-105.671111	20.34333
Jalisco	Mezquitic	LAS GUAYABAS	1081	49	-104.064167	22.15666
Jalisco	Puerto Vallarta	PALMAS DE ABAJO	0160	49	-105.081944	20.82111
Jalisco	Tequila	OJOS DE AGUA	1301	49	-103.781944	20.96111

Figura 26. Selección de las localidades del rango de 50-199 mil habitantes.

Por lo tanto, la información se exportará, creando el shapefile de "***Pob_loc_50_199***".

Para extraer la información seleccionada, es necesario con el apuntador, ubicar y pulsar el botón derecho del cursor, sobre shapefile

“*Pob_loc_0_199*”, desplegándose un cuadro con un menú de opciones, señalar y pulsar en “**Data**”, con esto, se desglosa un nuevo menú, pulsar la opción “**Export Data**”. (Figura 27). Se abrirá la ventana de dialogo, donde se pulsará en el apartado “**Output feature class**”, con el único fin, de indicar el destino y nombre del nuevo shapefile “***Pob_loc_50_199***”. Por ultimo pulsar en el botón “**OK**” (Figura 28).

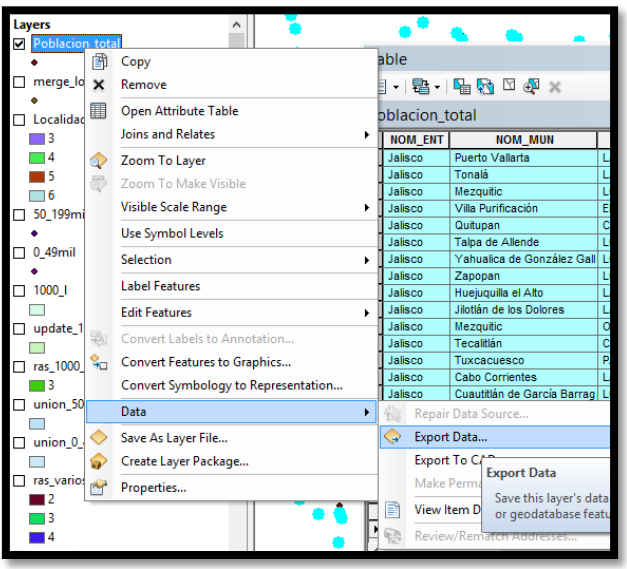


Figura 27. Menú de opciones para exportar los datos de información seleccionada.

Cabe señalar, que se efectúa el mismo procedimiento para extraer los valores del rango de población de 0 - 49 mil habitantes, asimismo crear el shapefile “**Pob_loc_0_49**”.

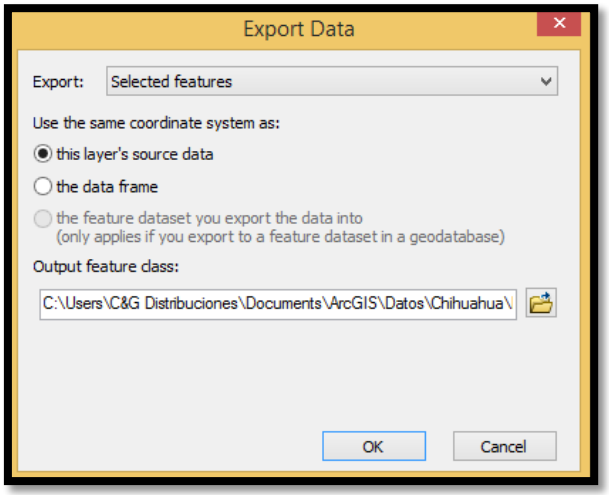


Figura 28. Ventana para asignar nombre y destino donde se guardara el shapefile.

Una vez que se obtenga los dos tipos de rangos por números de habitantes, es necesario asignar los valores de ponderación (Cuadro 2).

Se tendrá que crear una nueva columna en la base de datos de los shapefiles "***Pob_loc_50_199***" y "**Pob_loc_0_49**" y en ella se asigna el valor de ponderación correspondiente, para ver los geo procesos se tendrán que revisar las páginas. 27, 28, 29, 30 y 31. Solo que aquí se ponderará de acuerdo al cuadro 2.

El siguiente geo proceso consiste en realizar dos áreas de influencia (buffer) de 2,500 metros, esto con el fin de abarcar la superficie total, al igual que el análisis de proximidad. El cual los shapefiles nuevos ya tendrán su ponderación correspondiente. Por lo tanto, utilizando la herramienta *"**Buffer"*** mediante ArcToolbox. Esta herramienta, se localiza dentro de la caja **Analisys Tools**, posterior **Proximity.** Posteriormente se abrirá una ventana de dialogo ***"Buffer"*** (Figura 29), donde se añadirán los parámetros que se requieren para obtener el geo proceso. Para Domínguez (2013) utilizo la herramienta ***"Buffer"*** para establecer áreas

de influencia de 30 metros, esto con el fin de ubicar las zonas no aptas para la ubicación de un hotel en el municipio de Alcoy, España.

A continuación se describe cada uno de los apartados: **Input Features**, se selecciona la capa "***Pob_loc_50_199***". Posteriormente, en **Output Feature Class**, se define donde será el destino de la capa resultante y su nombre. En este sentido se le denominó "***Buffer_50_199***". Enseguida se específica en el apartado **Distance**, la distancia a la que se requiere definir el área de influencia, establecido a 2500 (metros) (Figura 30). Finalmente pulsar el botón **OK**.

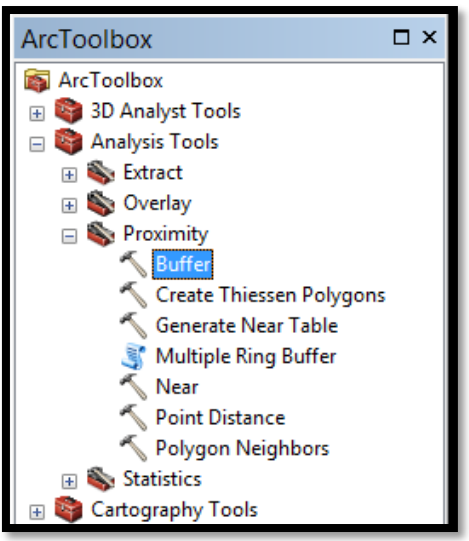


Figura 29. Ubicación de la herramienta área de influencia (Buffer).

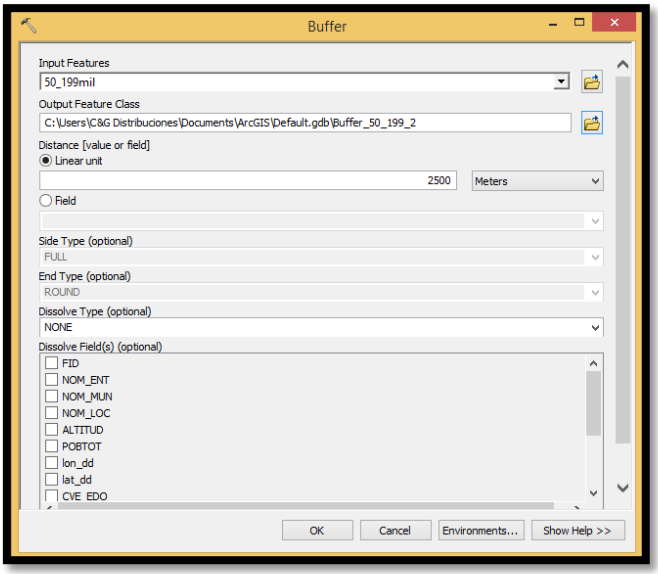


Figura 30. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta Buffer".

En la figura 31, se visualizan las áreas de influencia de los rangos de ponderación.

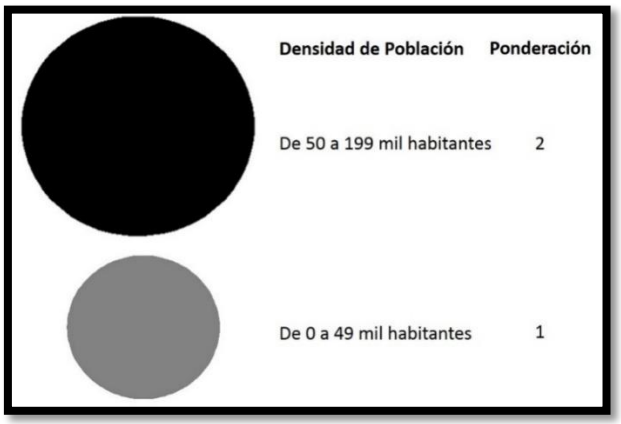


Figura 31. Área de influencia (2500m) de los rangos de población de "50-199mil" y "0-49mil".

El siguiente proceso consiste en unificar las áreas de influencia, para así tener un solo archivo. Por lo que se utiliza la herramienta ***"Merge",*** mediante ArcToolbox (Figura 32). Esta herramienta, se localiza dentro de la caja **Data Manegement Tools**, después en la opción **General.** Para Casillas y Romero, (2012). Utilizaron la herramienta ***"Merge"*** tomando en cuenta los datos shapefile de localidades de los censos de población de los años 1990, 2000 y 2010 de INEGI. Esto con el fin de obtener una sola capa de información de ese periodo, posteriormente para estimar las distancias de las localidades más cercanas a la región Usumacinta de México en un solo archivo shapefile.

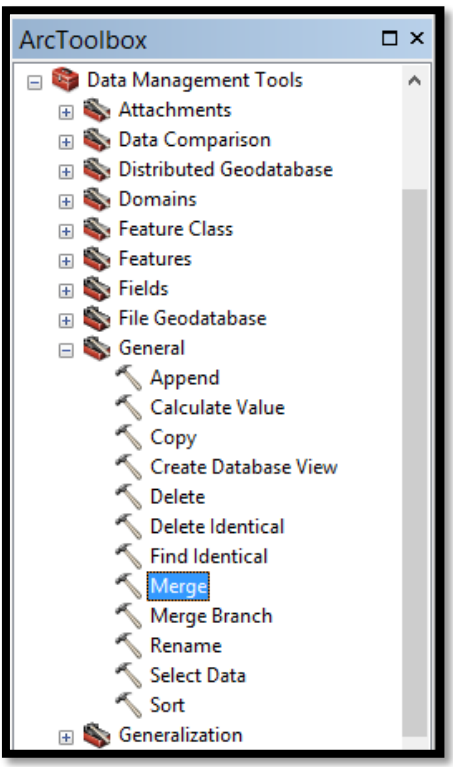


Figura 32. La ubicación de la herramienta "Merge".

En la ventana de dialogo de la herramienta ***"Merge"*** (Figura 33), se añaden los parámetros que se requieren para obtener el geo proceso.

A continuación se describe cada uno de los apartados: **Input Datasets**, seleccionar las capas ***"buffer_50_199 y buffer_0_49"*.** Posteriormente, en **Output Datasets**, se define donde será el destino de la capa resultante y su nombre. En este sentido se le denominó "***merge_densidad***". Finalmente pulsar el botón **OK**.

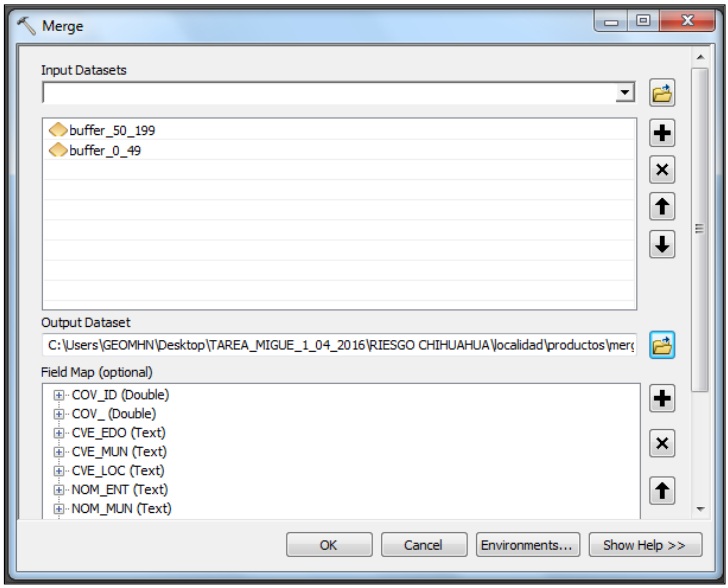


Figura 33. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Una vez que el geo proceso haya finalizado, lo siguiente es convertir el shapefile **"*merge_densidad*"** a formato raster.

Para esto se utiliza la función "***Polygon to Raster***" (Figura 34). Dentro de la caja de herramientas **Conversion Tools**, en consiguiente **To Raster**, de (ArcToolbox).

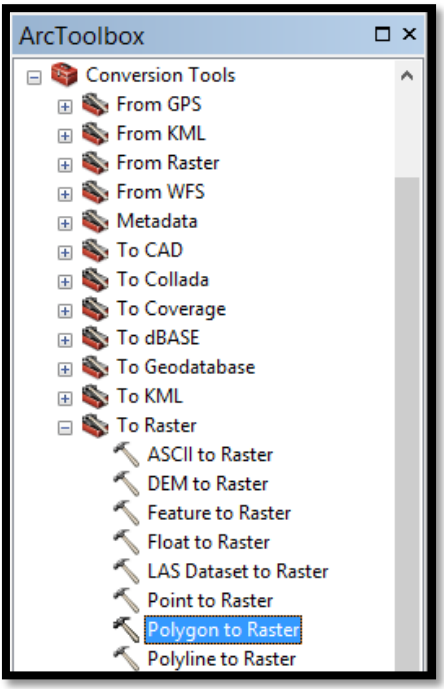


Figura 34. La ubicación de la función "Polygon to Raster", dentro de la caja de herramientas de ArcToolbox.

No obstante en la ventana de dialogo de la función ***"Polygon to Raster"*** (Figura 35), se debe definir los siguientes apartados, para llevar acabo el geo proceso: en **Input Features**, añadir el shapefile que se convertirá a formato raster, en este ejemplo "***merge_densidad***". En el apartado **Value field**, señalar el campo o variable, que contiene la base de datos del Shapefile, "***Pon***". **Output Raster Dataset**, lugar de destino y nombre del nuevo raster "***ras_densidad***"; posterior **Cell assignment type**, se desglosará un menú de opciones, señalar **CELL_CENTER**. En **Proximity field**, se desglosará un menú de opciones, señalar **NONE**; Último apartado, **Cellsize (optional)**, se definirá el tamaño de pixel, teniendo en cuenta que es opcional, en este sentido a (0.00012), "120 m". Concluir en pulsar el botón "**OK**".

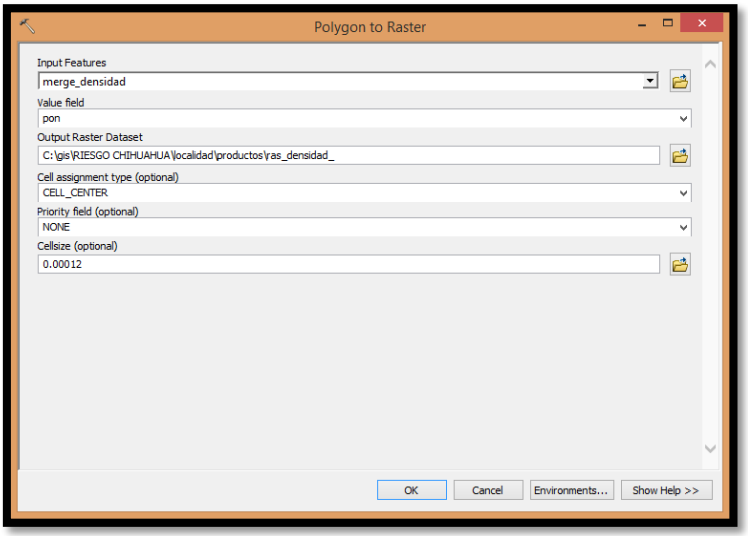


Figura 35. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Finalmente se obtiene como resultado la densidad de población por localidad en formato raster.

En último término, realizar una integración de los raster generados mediante la herramienta ***"Mosaic to New Raster"*** mediante ArcToolbox (Figura 36). Esta herramienta, se localiza dentro de **Data Management Tools**, posterior **Raster Reclass**, en consiguiente **Raster Dataset.** Para Alpala et *al.,* 2015. Se descargaron cuatro archivos para la generación del DEM de la caracterización actividad Volcánica del Nevado de Huila (VNH) (1996-2013). Mediante las coordenadas de referencia, se cubrió el área que ocupa la zona de interés. Después de que se descargaron los archivos raster fueron importados al software ArcGis, utilizando la herramienta **"*Mosaic to New Raster"*** se obtuvo únicamente el área de estudio.

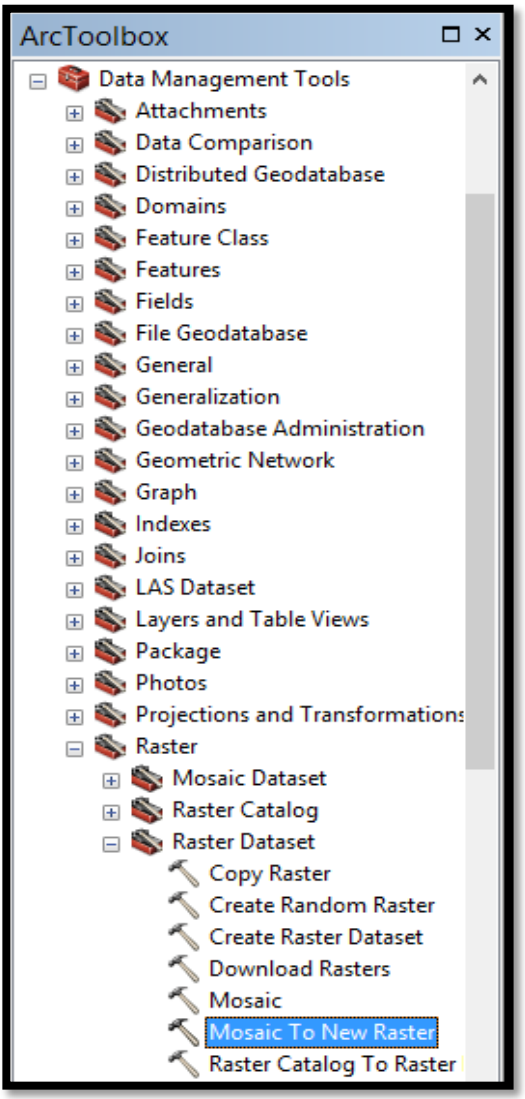


Figura 36. La ubicación de la Herramienta Mosaic to New Raster.

En la ventana de dialogo de la herramienta ***"Mosaic To New Raster"*** (Figura 37), se debe definir los parámetros, mediante los siguientes

apartados: **Input Rasters**, añadir las capas rasters, para la integración (“**ras_densidad**” y “**Chihuahua**”). En el apartado **Output Location** lugar de destino  “Productos”. En **Raster Datasets Name whit Extensions**, asignar nombre del raster “***mosaic_dens***”. En **Spatial Reference for Raster (optional)**, WGS_1984_UTM_Zone_13_N. En **Pixel Type (optional)**, el parámetro que aparece, se dejará por “default”. Concluir en pulsar el botón “**OK**”.

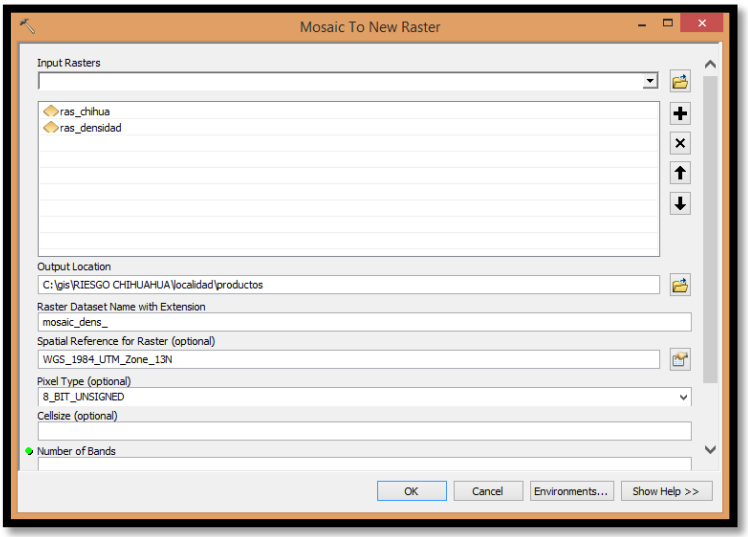


Figura 37. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

El objetivo principal de esta herramienta, consiste en generar una malla con valores en los pixeles, ya que este tipo de archivos es posible sumar sus propiedades, de acuerdo al valor de ponderación correspondiente, en el cual más adelante se requerirán cada uno de estos productos, para determinar las áreas de riesgo de incendios forestales.

En la siguiente (Figura 38), se muestra un esquema donde se observa la suma de los dos tipos de análisis, tomando como ejemplo la variable localidad.

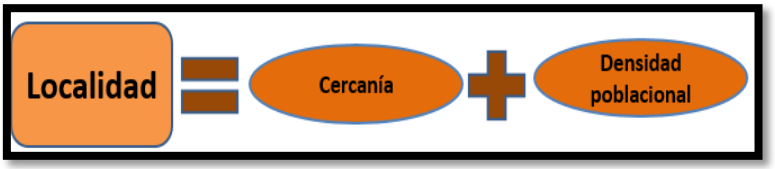


Figura 38. Ejemplificación de la variable localidad, de acuerdo a la suma de ponderación, con respecto al análisis de proximidad (cercanía) y por número de habitantes.

5.2.5. Estructuración del modelo

A continuación se presenta como se debe estructurar la información geo referenciada. Para esto se utiliza la aplicación de ***"ModelBuilder"*** en ArcGis, el cual se ubica dentro de la interfaz del software (Figura 39). En la provincia de Madrid, España Albacete *et al.,* 2010, presentaron un trabajo donde se ilustro el procesamiento de los datos LiDAR mediante el uso de ArcGis, donde generó el cálculo del volumen forestal a través de un modelbuilder

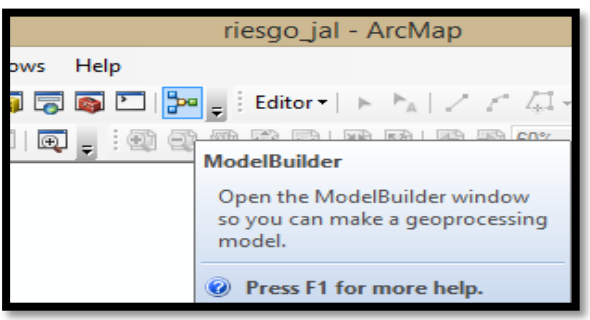


Figura 39. Ubicación de la aplicación "ModelBuilder" en ArcGis.

Como ya se ha mencionado anteriormente la aplicación, tiene como objetivo principal programar una serie de herramientas de forma visual a través de mapas conceptuales. Para empezar a utilizar la aplicación se debe hacer click sobre . A continuación se abrirá una ventana, la cual servirá como plataforma de trabajo, la ventana contiene una serie de

opciones tales como: Archivo, Edición, Insertar, Ventana, Ayuda, Guardar, Copiar, Pegar, Zoom etc. (Figura 40).

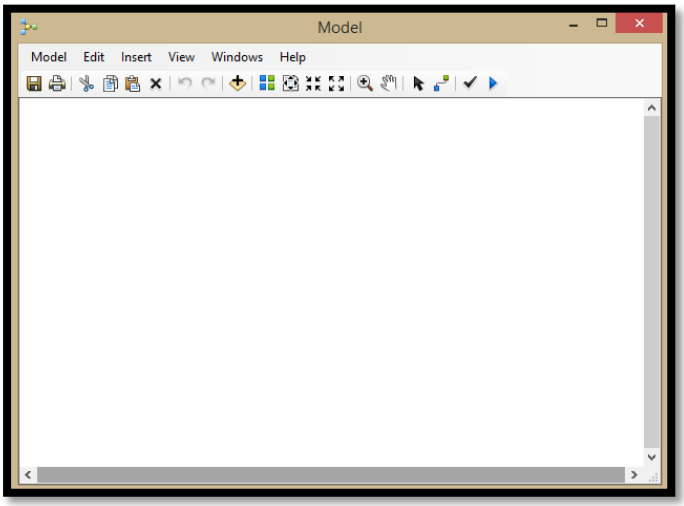


Figura 40. Ilustración de la ventana de "ModelBuilder" en ArcGis.

A continuación se describen los rasgos de la aplicación, donde el ***"INPUT"*** es la opción que sirve para cargar las capas vectoriales o raster. La opción ***"PROCESS"*** tiene la función de ejecutar las herramientas seleccionadas. Por último la opción ***"OUTPUT"*** se encarga principalmente de generar una nueva capa vectorial o raster (Figura 41).

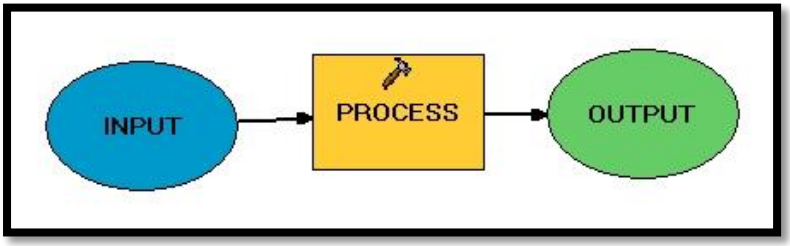


Figura 41. Ejemplificación de cada una de las funciones de la aplicación "ModelBuilder".

Para empezar a estructurar el modelo del mapa de riesgo de incendio forestal, el procedimiento es igual a la secuencia de generación, tal y como

se describió en el capítulo **"5.2.4. Secuencia de generación"**, en el cual como primer instancia describe el geo proceso de las localidades. A continuación se muestra como se debe añadir la herramienta ***"Multiple Ring Buffer"*** (Figura 42).

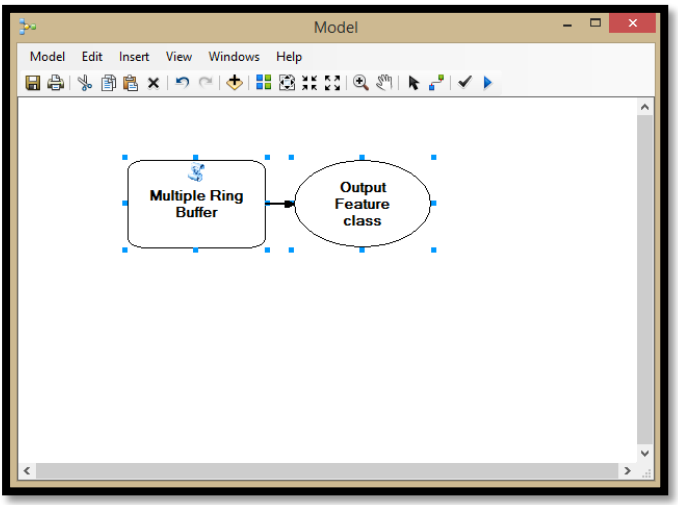


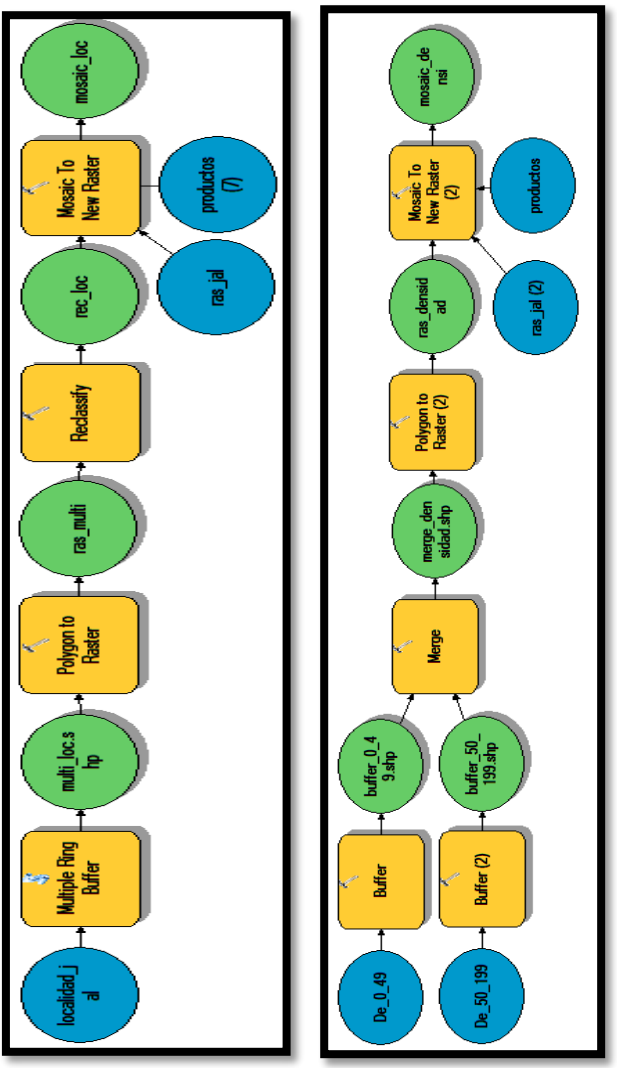
Figura 42. Asignación de la herramienta *"Multiple Ring Buffer"*

Una vez que se añade la herramienta en la plataforma del modelbuilder, lo siguiente es dar doble click en el cual se abrirá una ventana, donde se especificarán los parámetros correspondientes para dicho geo proceso, revisar páginas 20 y 21. Una vez que los parámetros son definidos en la herramienta, el modelo se ilumina en tres colores diferentes, en los cuales ya se mencionó el significado de cada uno de ellos ver figura 41. El siguiente geo proceso consiste la transformación de un archivo shapefile a raster, utilizando la herramienta ***"Polygon to Raster"*** ver figura 11. Posteriormente estos valores se tendrán que reclasificar para respetar los criterios de ponderación que la CONAFOR utiliza para el desarrollo del mapa de riesgo, en el cual se utiliza la herramienta ***"Reclassify"*** ver figura 13 y por último se utilizó la herramienta ***"Mosaic to New Raster"*** como objetivo principal es unir los raster ponderados a la malla de pixeles con valor a (cero) del raster como ejemplo Chihuahua ver figura 21. A

continuación se ilustra el modelo secuencial para la variable localidad por proximidad (Figura 43).

A continuación se ejemplifica la forma automatizada para el análisis por número de habitantes. Para ello, se tendrán que revisar las páginas 39 a la 41, ya que en este apartado se enlistan las herramientas utilizadas para generar dichos geo procesos. Recapitulando el análisis por número de habitantes consistió en realizar una clasificación por rangos de población donde se le asignó una ponderación de 2 para las localidades que tengan un rango de 50 a 199 mil habitantes y una ponderación de 1 para aquellas de 0 a 49 mil habitantes. En el cual se utilizaron herramientas como el ***"Buffer"*** ver figura 30, ***"Merge"*** ver figura 33, ***"Polygon to Raster"*** ver página 35 y por último ***"Mosaic to New Raster"*** ver figura 37. El resultado obtenido es el modelo secuencial para el análisis por número de habitantes (Figura 44).

Es importante señalar que cada geo proceso que se complete, se tendrá que guardar, esto para llevar un control. A través de la función **"ArcCatalog"** de ArcGis se dará click derecho y en la opción ***"New"*** se añadirá la opción ***"Toolbox"*** (Figura 45).



Figuras 43 y 44. Estructura del modelo secuencial para las variables localidad por análisis de proximidad y por número de habitantes.

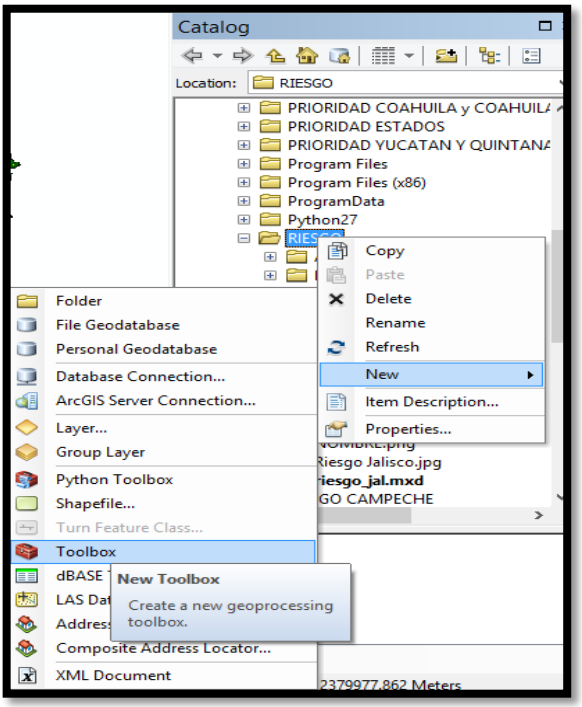


Figura 45. Ilustración de generar la caja de herramientas mediante la función "ArcCatalog"

Una vez que se tiene la caja de herramientas. A través de la función Model se tendrá que elegir la opción ***"Save As"*** (Figura 46).

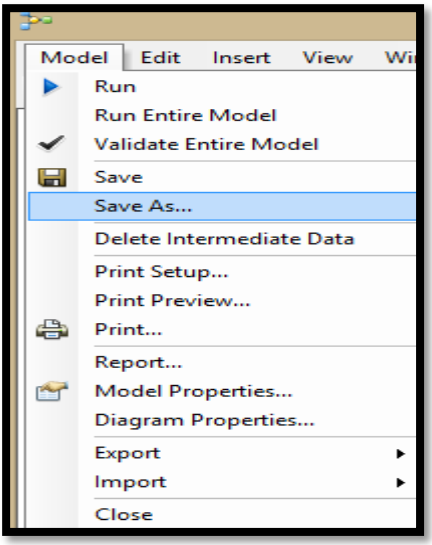


Figura 46. Ejemplo de la opción de guardado en el modelo.

Una vez que aparece la ventana para asignar dirección de carpeta, lo primero que se tendrá que hacer es nombrar el modelo (Figura 47).

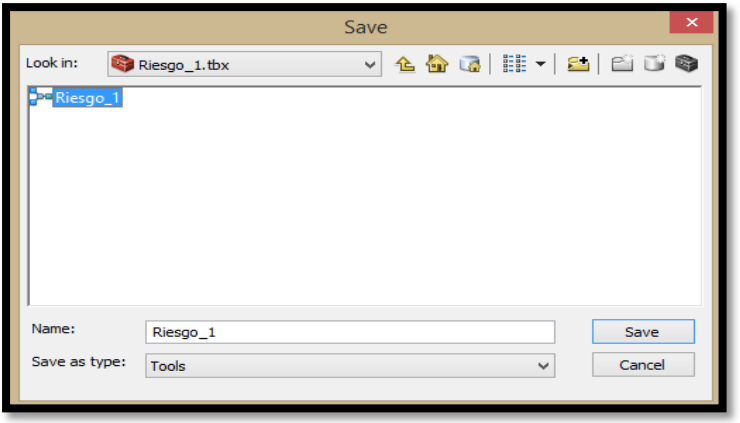


Figura 47. Asignación de nombre al modelo secuencial.

Para asignar el modelo al ArcGis, con el botón derecho se dará click sobre el ***"ArcToolbox"***, posteriormente aparece la ventana donde se encuentra el modelo, por lo que se selecciona ***"Riesgo_1"*** (Figuras 48 y 49).

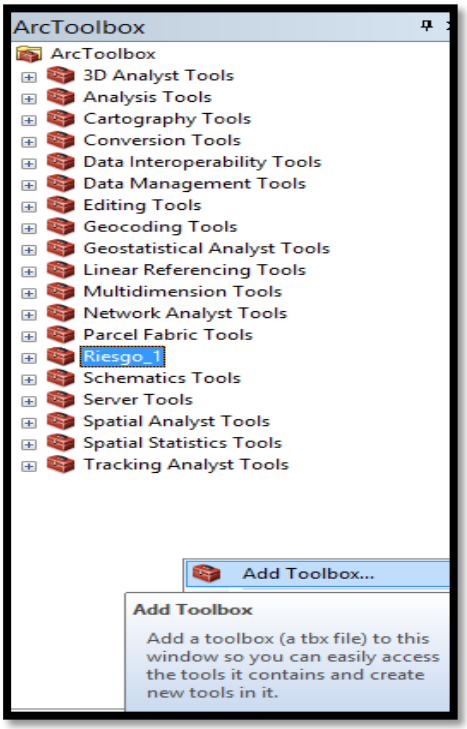


Figura 48. Selección del modelo a través de la función "Add Toolbox".

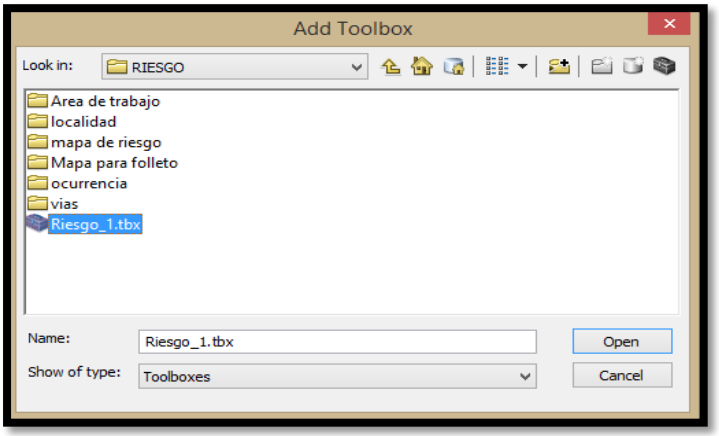


Figura 49. Asignación del modelo "Riesgo_1" a la caja de herramientas de ArcGis.

5.3. VÍAS DE COMUNICACIÓN

De acuerdo a CONAFOR (2010a), el sistema de transporte terrestre tiene una importante influencia en el riesgo de incendios forestales. Para su estudio, la CONAFOR divide esta variable en dos Análisis: A) Proximidad, B) Tipo de vía.

En el caso del análisis de proximidad, se consideran distintas áreas de influencia. En lo referente al tipo de vía, involucra un mayor riesgo de incendio forestal las vías de tipo terracería ya que estas se presentan más en áreas forestales.

5.3.1. Descripción

Se define como vía de transporte terrestre la destinada para el tránsito vehicular y/o peatonal (INEGI, 2011). También son conocidas como caminos y rutas los que comunican pueblos, ciudades, municipios, estados, países etc. El dato shapefile de las vías de comunicación cuenta con información estadística y geográfica para fines de planeación, y se representa con una unidad geométrica de tipo línea. También se conocen

como las carreteras y caminos públicos en el que se pueden desempeñar funciones tales como: suministrar accesos a propiedades e instalaciones privadas, circulación del tráfico de forma rápida (Navarro, 2008).

5.3.2. Fuentes de información

Se utilizan datos vectoriales del INEGI carreteras y caminos del año 2010. Muestran las carreteras y caminos con diversos grados de infraestructura a nivel federal que comunican la República Mexicana. En el Cuadro 4 se muestran, fuentes de información de las cuales se obtuvieron datos para la elaboración y descripción de la variable vías de comunicación.

Cuadro 4. Ejemplo de fuentes de información de la variable vías de comunicación.

FUENTE	AÑO	INFORMACIÓN
CONAFOR	2010ª	• Datos de la variable
INEGI	2015	• Datos vectoriales de Red Nacional de Caminos.
SCT	2015	• Información general descriptiva sobre servicios carreteros en México.
PEMEX	2015	• Información sobre carreteras Federales.

5.3.3. Criterios de ponderación

Los niveles de ponderación que maneja CONAFOR para estimar el grado de riesgo, en la variable vías de comunicación se desarrollan dos tipos de análisis: A) Proximidad, B) Tipo de Vía.
Referente al primer aspecto, CONAFOR considera los siguientes rangos de ponderación:

Cuadro 5. Valor de ponderación de vías de comunicación por proximidad.

Ponderación	Buffer
4	0-500 m
3	501-1000 m
2	1000-1501 m
1	1501-2000 m

En el caso de tipo de vías, la CONAFOR considera los siguientes criterios de ponderación son:

Cuadro 6. Valor de ponderación por tipo de vía.

Tipo	Ponderación
Terracería	2
Carretera Pavimentada	1

5.3.4. Secuencia de generación

Se muestra la recopilación de la información mediante un SIG sobre la variable vías de comunicación, de acuerdo a sus dos tipos de ponderación que maneja la CONAFOR.

Como ya se había explicado anteriormente, para este tipo de análisis se consideran dos tipos de análisis; proximidad y tipo de vía. Por lo que se tendrá que realizar un procedimiento similar a la variable localidad. En cual consiste en una serie de pasos que se explicarán detalladamente. Siguiendo la metodología de la CONAFOR.

En la plataforma de ArcGis, se deberá añadir la capa de información en formato (shapefile) de las vías de comunicación, de tal forma que servirá como insumo para desarrollar los análisis correspondientes.

Primeramente se agrega la capa vías de comunicación, en la tabla de contenidos. A continuación, se procede al análisis de proximidad, por lo que se basará, como ya se señaló en los rangos de ponderación que corresponden a la variable vías de comunicación (Cuadro 4). Para obtener el primer análisis, se desarrollarán una serie de geo procesamientos mediante la caja de herramientas de ArcGis, (**ArcToolbox**). En ese sentido, se selecciona, la caja de herramientas **Analysis Tools**. Posteriormente "***Multiple Ring Buffer***". Así pues, se obtendrán las áreas de influencia por localidades de 0-500 m, 501-1000 m, 1001-1500 m y 1501-2000 m.

En la ventana de dialogo de la herramienta ***"Multiple Ring Buffer"*** (Figura 50), se añaden los parámetros que se requieren para obtener el geo proceso.

A continuación se describe cada uno de los apartados: **Input Features**, se selecciona la capa "caminos_chihuahua". Posteriormente, en **Output Feature Class**, se define donde será el destino de la capa resultante y su nombre. En este sentido se le denominó "***multi_buffer_vias***". En el apartado **Distance**, definir las áreas de influencia (buffer). Posterior "**Buffer Unit (optional)**", definir la unidad de medida (metros). En el apartado "**Field Name (optional)**" se añade "distance", "**Dissolve Option (optional)**" se deja por defecto en "ALL". Finalmente pulsar el botón "**OK**".

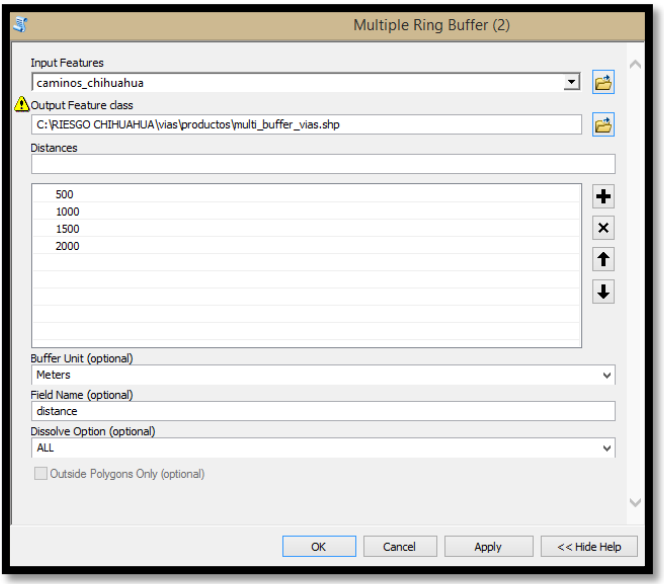


Figura 50. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Este tipo de herramienta permitirá la creación de múltiples áreas de influencia (buffer) en un solo archivo shapefile (Figura 51) y (figura 52).

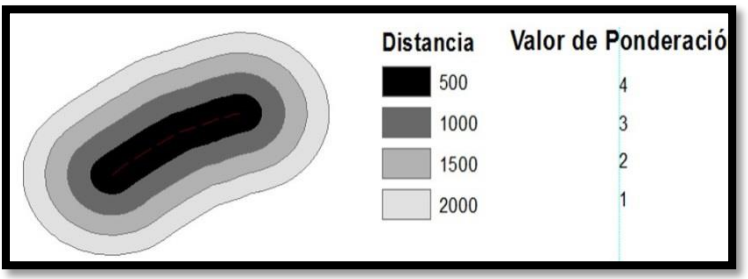


Figura 51. Esquema de distancia de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), en formato shapefile.

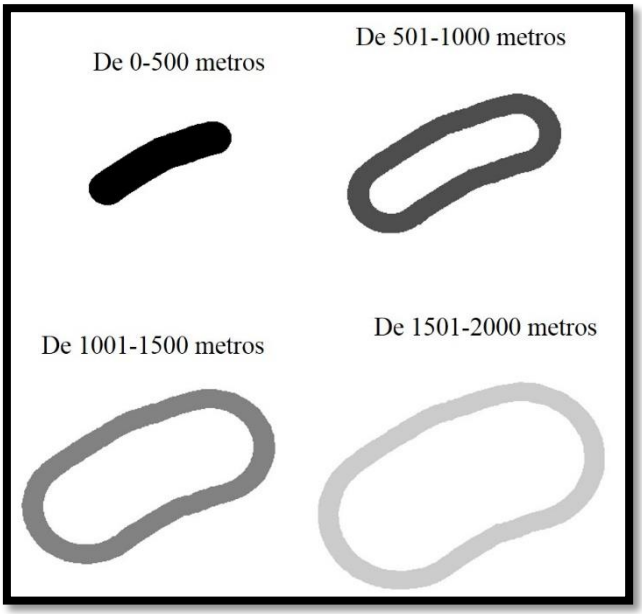


Figura 52. Ejemplo de distancia de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer).

Una vez que el geo proceso haya finalizado, lo siguiente es convertir la capa shapefile a formato raster. Por lo tanto, utilizando la herramienta **"*Polygon to Raster*"** mediante ArcToolbox. Esta herramienta, se localiza dentro de la caja **Conversion Tools**, posterior **To Raster** (ver figura 35).

En la ventana de dialogo de la función ***"Polygon to Raster"*** (Figura 53), se debe definir los siguientes apartados, para llevar acabo el geo proceso: en **Input Features**, añadir el shapefile que se convertirá a formato raster, en este ejemplo "***multi_buffer_vias***". En el apartado **Value field**, señalar el campo o variable, que contiene la base de datos del Shapefile, ***"Distance".*** **Output Raster Dataset**, Lugar de destino y nombre del nuevo raster "***ras_vias***"; posterior **Cell assignment type**, se desglosará un menú de opciones, señalar **CELL_CENTER**. En **Proximity field**, se desglosará un menú de opciones, señalar **NONE**; Último apartado, **Cellsize (optional)**, se definirá el tamaño de pixel, teniendo en cuenta que es

opcional, en este sentido a (0.00012), “120 m”, es un tamaño considerable. Concluir en pulsar el botón “**OK**”.

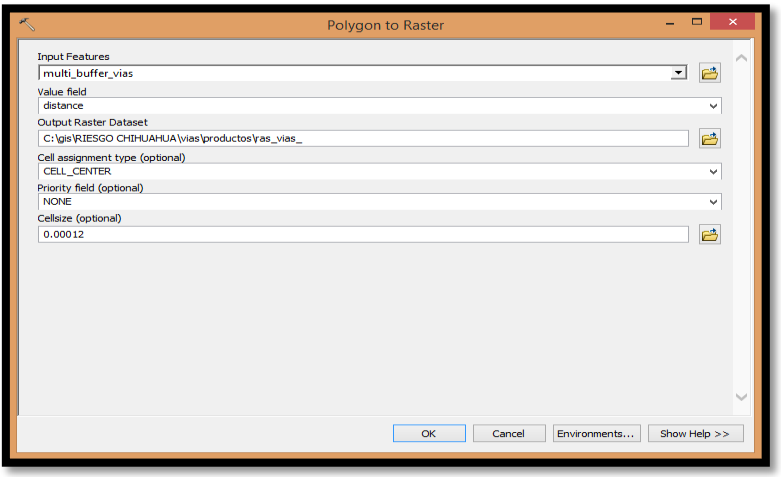


Figura 53. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Finalmente se obtiene como resultado las múltiples áreas de influencia (buffer) en formato raster (Figura 54).

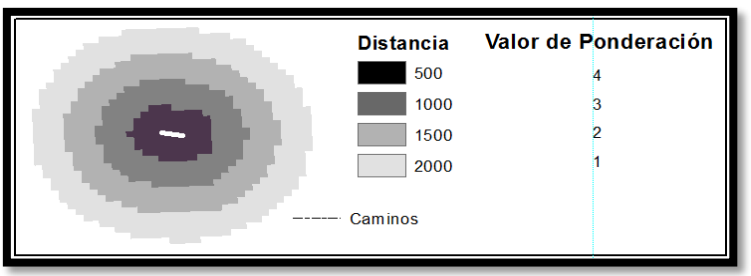


Figura 54. Esquema de distancia, de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), en formato raster

A continuación se asigna el valor de ponderación a la capa raster, por medio de una reclasificación de valores, para este proceso se utiliza la función ***“Reclassify”.*** Mediante ArcToolbox, esta herramienta, se localiza dentro de **3D Analyst Tools**, posterior **Raster Reclass (**ver figura 13).

En la ventana de dialogo de la función ***"Reclassify"*** (Figura 55), se debe definir los siguientes parámetros, mediante los siguientes apartados: **Input Raster**, añadir la capa raster, para la reclasificación, "***ras_vias***". En el apartado **Reclass field**, señalar el campo o variable, que contiene la base de datos del raster, "*Value*". En **Reclassification**, Se muestra un recuadro en el que se asignará los nuevos valores de ponderación. **Output raster** Lugar de destino y nombre de la capa a reclasificar así como sus valores de ponderación, en este ejemplo "***rec_vias***". Concluir en pulsar el botón "**OK**".

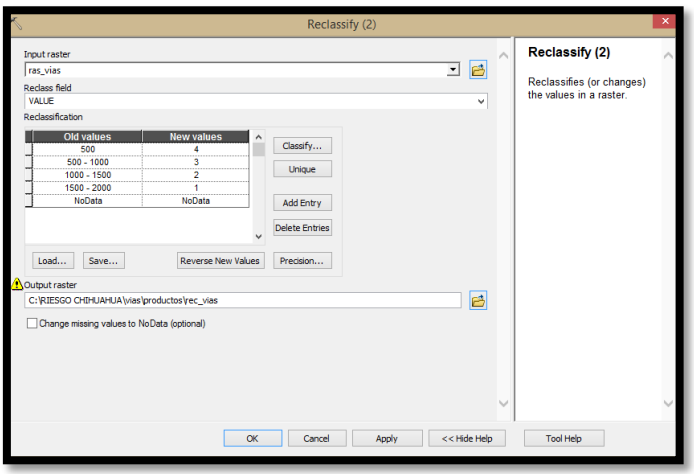


Figura 55. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Una vez que el geo proceso de reclasificación de valores haya finalizado, el siguiente geo proceso será la integración de los raster, con ayuda de la herramienta ***"Mosaic to New Raster"*** mediante Arctoolbox. Por el cual, se utilizarán los raster "*rec_vias*" y el límite de estado como base "ras_chihua". Esta herramienta, se localiza dentro de **Data Management Tools**, posterior **Raster**, en consiguiente **Raster Dataset** (ver figura 36).

En la ventana de dialogo de la herramienta ***"Mosaic To New Raster"*** (Figura 56), se debe definir los parámetros, mediante los siguientes apartados: **Input Rasters**, añadir las capas rasters, para la integración

(“*rec_vias*” y “*ras_chihua*”). En el apartado **Output Location** lugar de destino  “Productos”. En **Raster Datasets Name whit Extensions**, asignar nombre del raster “***mosaic_dens***”. En **Spatial Reference for Raster (optional)**, WGS_1984_UTM_Zone_13_N. En **Pixel Type (optional)**, el parámetro que aparece, se dejará por “default”. Concluir en pulsar el botón “**OK**”.

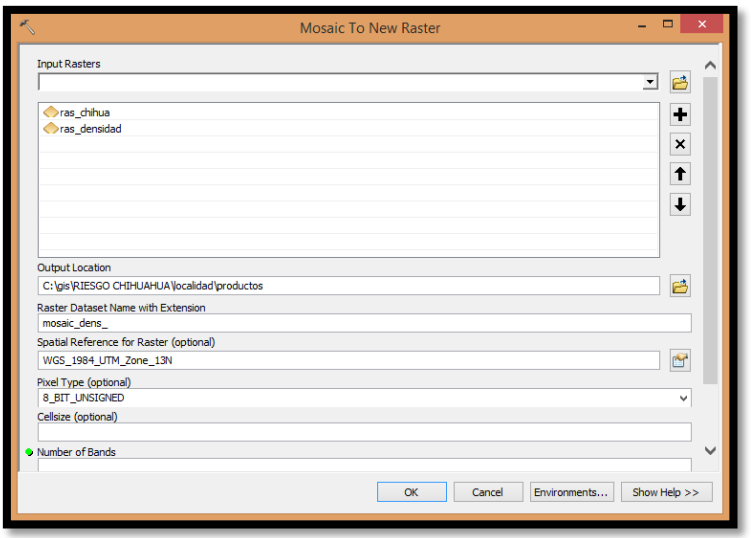


Figura 56. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

El objetivo principal de esta herramienta, consiste en generar una malla con valores en los pixeles, en el cual es posible sumar sus valores de ponderación.

A continuación se realiza el análisis por tipo de vía. Para obtener las propiedades del tipo de vía, se tendrá que acudir a la caja de **“Analisys Tools”,** dentro de la caja de herramientas de ArcGis, se elige la herramienta ***“Select”*** de la caja “Extract”.

Se selecciona la herramienta ***“Select”*** dentro del cual se asignan los parámetros, de acuerdo a los criterios de ponderación que asigna

CONAFOR (2010). Para esto, primeramente, se debe especificar cuál es la capa con la que se trabajará **Input Features**, para el primer caso es la de "caminos". Misma que ya debe estar agregada a la tabla de contenidos, de la plataforma ArcGis. Posteriormente, en la sección **Output Feature Class**, se define donde se guardará la capa resultante con su respectivo nombre. En este ejemplo se le denominó como "terracería y pavimentada".

Para especificar las propiedades del tipo de vía con el que se requiere trabajar, se debe agregar una formula en la sección **Expression**. Para esto, se oprime el botón del icono  para abrir la ventana de definición de búsqueda (**Query Builder**) (Figura 57). Aquí se selecciona la tipo (terracería) (cuadro 5). Por lo que en **Query Builder** se define la siguiente expresión: **TIPO = "Terracería"**

La variable ***"TIPO"*** es parte de la información que ya viene integrada en la capa de "Vías de comunicación", que se obtuvo de INEGI. Para ejecutar la formula, se requiere presionar en el botón **OK**.

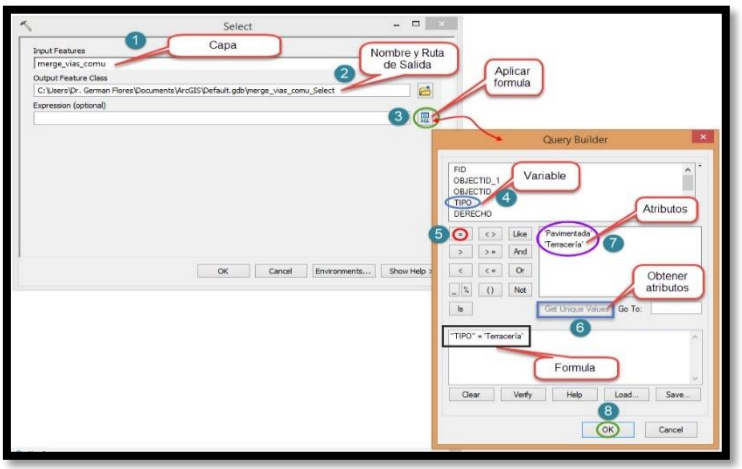


Figura 57. Ejecución de la aplicación Query Builder.

Cabe señalar que para extraer los datos del tipo pavimentada, se aplica un procedimiento similar. Por lo que, en la figura 58 se aprecia los dos

tipos de vías comunicación en un área forestal denominada “selva” que la CONAFOR clasifica para generar el mapa de riesgo de incendio forestal.

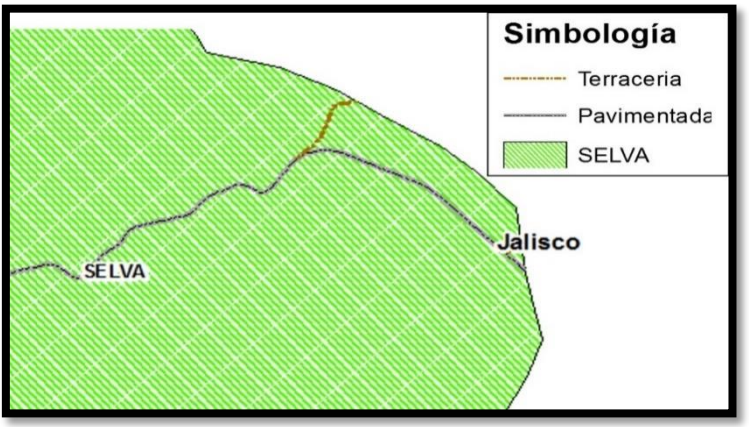


Figura 58. Vías de comunicación de tipo “terracería” y “pavimentada” situada únicamente en “selvas”

Una vez que se obtenga los dos tipos de vías, es necesario asignar los valores de ponderación (Cuadro 5). Se tendrá que generar una nueva columna en la base de datos del shapefile “terracería” y en ella asignar el valor de ponderación correspondiente. Esto se realiza a través de la tabla de opciones (Table Options) señalamos ***“Add Field”*** para añadir una nueva columna (Figura 59).

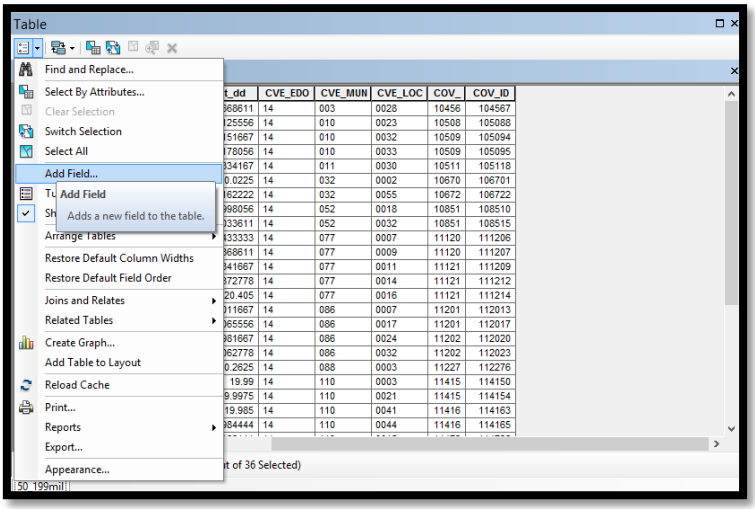


Figura 59. Ventana para crear una nueva columna en la tabla de atributos "Terracería".

Así mismo se visualizara una ventana, por lo que se asignarán los parámetros para el nombre de la nueva columna; denominado (Name: **pon**) como el nombre y tipo de la columna será numérico (Type: **Double**), por ultimo presionar el botón **OK** (Figura 60).

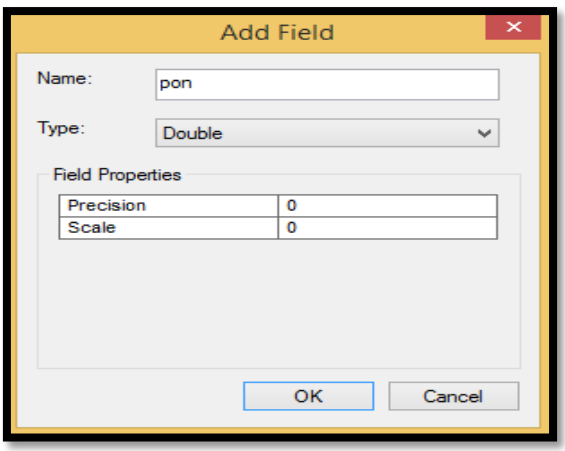


Figura 60. Asignación de parámetros, para la columna nueva "pon".

Una vez que se genera la nueva columna, señalar sobre el encabezado, presionando el botón derecho del cursor, el cual abrirá un menú de opciones, a través de la calculadora de columnas **"Field Calculator"** (Figura 61). Posteriormente se le asigna el número 2, por su valor de ponderación, que rige en la metodología; este geo proceso permitirá crear en una sola acción, el parámetro expuesto en la calculadora a todas las filas de la columna (Figura 62). Cabe señalar que este geo proceso también se realiza para el tipo de vía pavimentada, solo que el valor de ponderación es de 1.

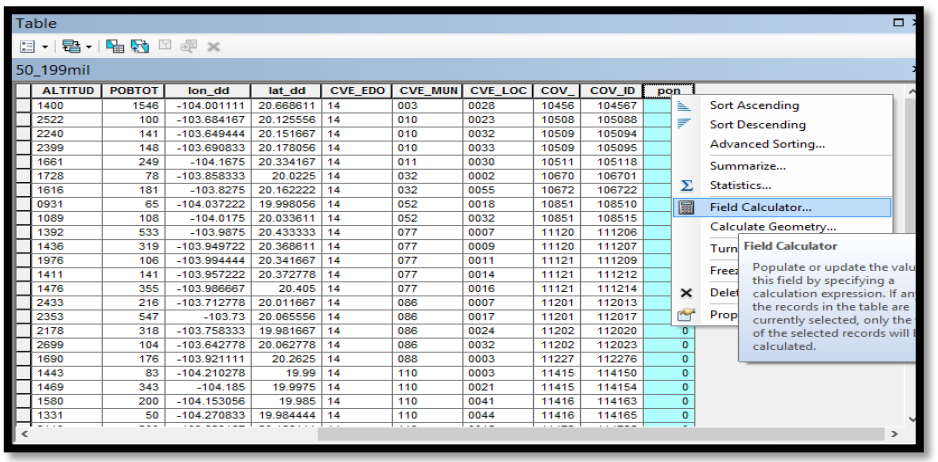


Figura 61. Menú de opciones para ubicar "Field Calculator"

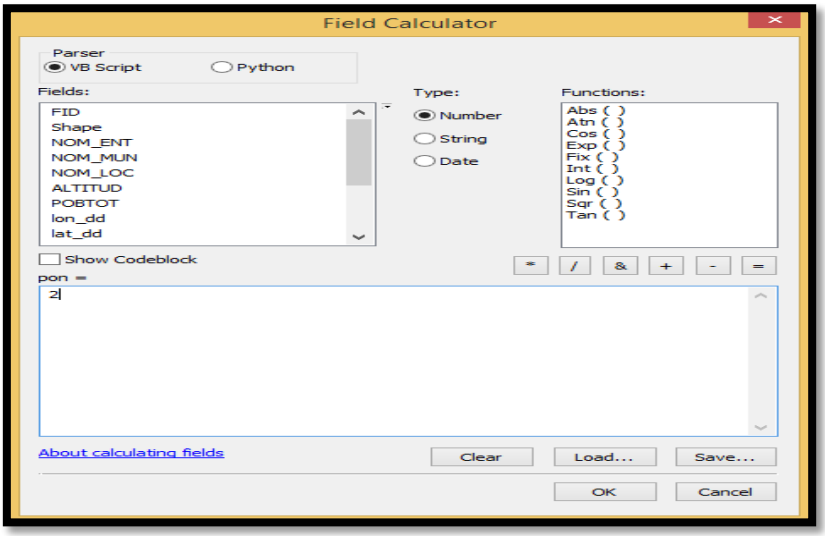


Figura 62. Calculadora de Columnas "Field Calculator".

El siguiente proceso consiste en realizar dos áreas de influencia (buffer) de 2000 metros, esto con el fin de abarcar la superficie total, al igual que el análisis de proximidad. Sin embargo, ya estará ponderado de acuerdo a CONAFOR. Para ello en la caja de herramientas (Arctoolbox), se elige la herramienta ***"Buffer".*** Mediante la caja de herramienta "Analisys Tools", después la caja Proximity.

En la ventana de dialogo de la herramienta ***"Buffer"***, se selecciona la capa que se quiere analizar, en la sección "Input Features". En este ejemplo, se selecciona la capa denominada "terracería". Posteriormente, en la sección "Output Feature Class", se define donde se quiere guardar la capa resultante y su nombre. En este ejemplo se le denominó como "Buffer_terraceria" (Figura 63). Posteriormente se específica, en el apartado "Distance", la distancia a la que se requiere definir el área de influencia (buffer). La cual se establece a 2000 metros. Presionar sobre el botón **OK**.

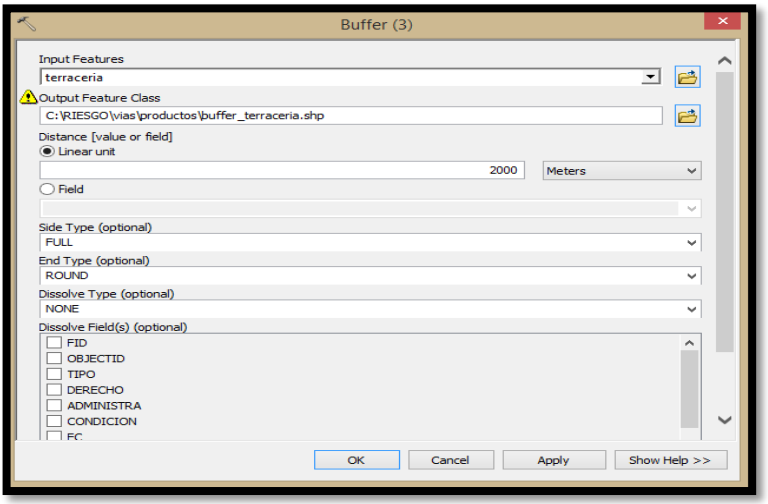


Figura 63. Ubicación de la herramienta área de influencia (Buffer), dentro de la caja "Analysis Tools".

El siguiente geo proceso consiste en unificar las áreas de influencia, para que en dichas áreas se les pueda asignar, los valores de ponderación correspondientes. Para esto se utiliza la herramienta ***"Merge"***, la cual se ubica en la caja de "Data Manegement Tools", posterior caja "General" de ArcToolbox (ver figura 32).

En la ventana de dialogo de la herramienta ***"Merge",*** se seleccionan las capas que se quiere analizar, en la sección "Input Datasets". En este ejemplo, se selecciona la capa denominada "buffer_terraceria y buffer_pavimentada". Posteriormente, en la sección "Output Datasets", se define donde se quiere guardar la capa resultante y su nombre. En este caso se le denomino o "merge_tipo", para finalizar el geo proceso presionar el botón **OK** (Figura 64).

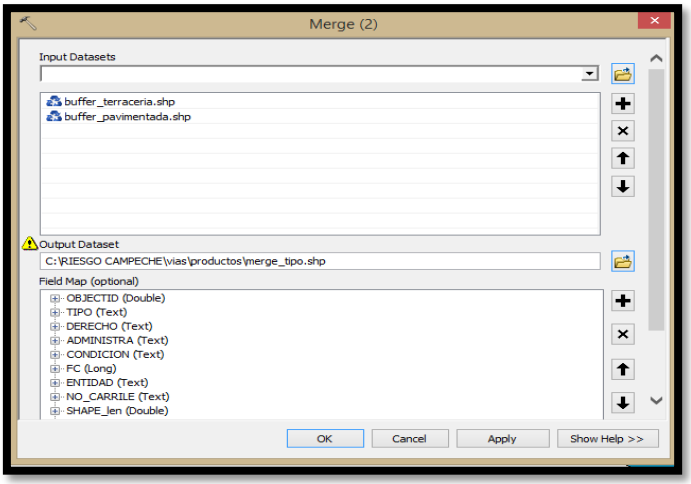


Figura 64. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Una vez, que se haya realizado el análisis por número de habitantes; la información generada se trasformará en una capa raster. Para esto se usa la función ***"Polygon to Raster".***

En último término mediante la función **data Management Tools**, se ejecutara la herramienta ***"Mosaic to new raster".***
Una vez que aparece la ventana, introducen las variables a analizar, realizando una integración de los raster generados, y los distintos parámetros que se requieren para ejecutar la herramienta (Figura 65).

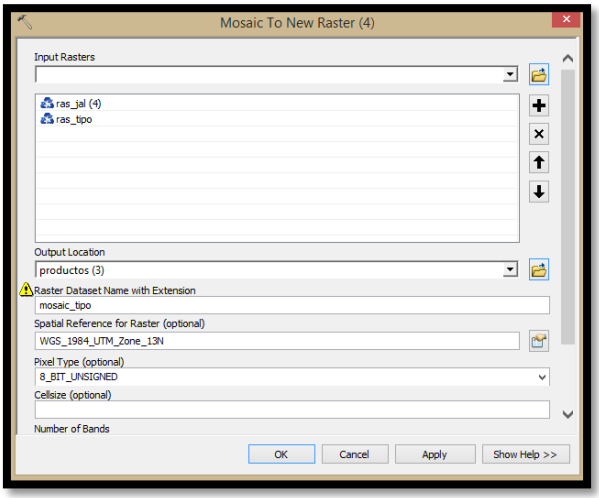


Figura 65. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

El objetivo de la herramienta, consiste en generar una malla con valor en los pixeles, esto con el fin de sumar los valores de ponderación de cada una de las capas a las que se le asigno información de acuerdo a los análisis que se requieren. Así el riesgo de incendio forestal por tipo de vía se puede expresar en la Figura 66.

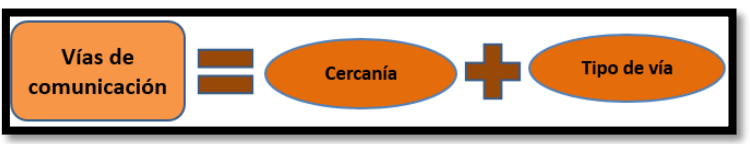


Figura 66. Riesgo de incendio de la variable vías de comunicación, de acuerdo a la suma de las ponderaciones de sus componentes proximidad (cercanía) y tipo de vía.

5.3.5. Estructuración del modelo

Los geo procesos del modelo secuencial para las vías de comunicación es completamente similar a de la variable localidad. Para ello se tendrá que revisar el capítulo ***"5.3.4. Secuencia de generación"*** en el cual se describe los pasos para generar el mapa de riesgo utilizando las vías de comunicación ver páginas 58 a la 71. A continuación se muestra como se debe añadir la herramienta ***"Multiple Ring Buffer"*** (Figura 67).

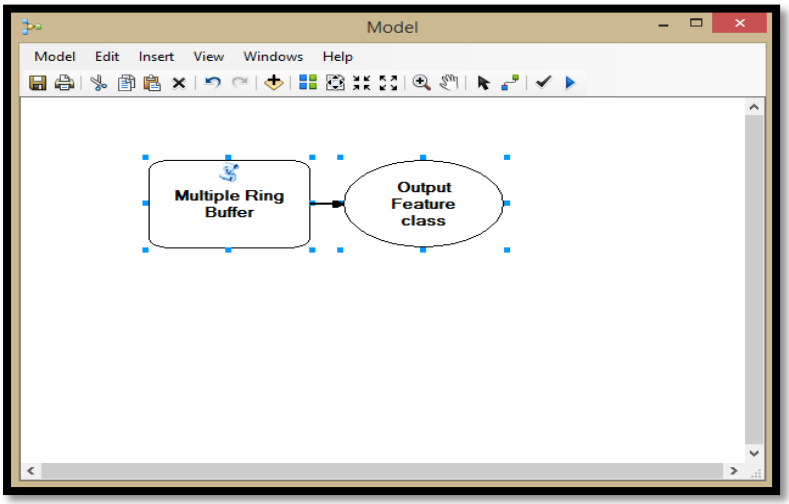


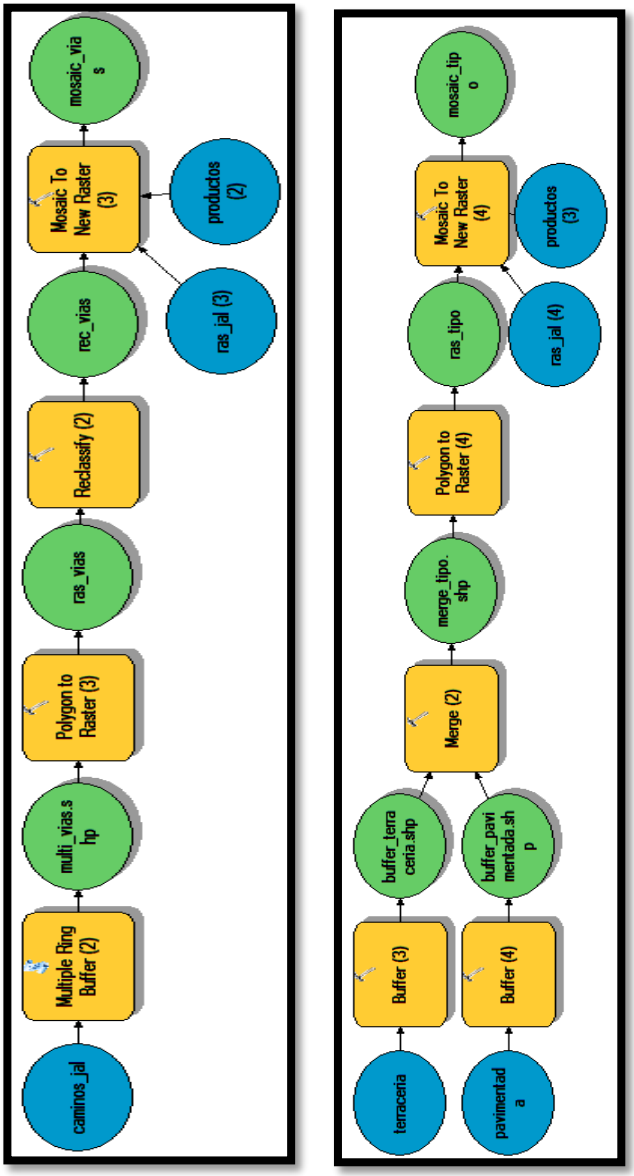
Figura 67. Asignación de la herramienta *"Multiple Ring Buffer".*

Una vez que se añade la herramienta en la plataforma del modelbuilder, lo siguiente es dar doble click en el cual se abrirá una ventana, donde se especificarán los parámetros correspondientes para dicho geo proceso, revisar páginas 58 y 59. Una vez que los parámetros son definidos en la herramienta, el modelo se ilumina en tres colores diferentes, en los cuales ya se mencionó el significado de cada uno de ellos ver figura 41. El siguiente geo proceso consiste en la transformación de un archivo shapefile a raster, utilizando la herramienta ***"Polygon to Raster"*** ver figura 53. Posteriormente estos valores se tendrán que reclasificar para respetar los criterios de ponderación que la CONAFOR utiliza para el desarrollo del mapa de riesgo, en el cual se utiliza la herramienta ***"Reclassify"*** ver figura 55 y por último se utilizó la herramienta ***"Mosaic to New Raster"*** como objetivo principal es unir los raster ponderados a la malla de pixeles con valor a (cero) del raster de Jalisco ver figura 56. A

continuación se ilustra el modelo secuencial para la variable vías de comunicación del análisis por proximidad (Figura 68).

A continuación se ejemplifica la forma automatizada para el desarrollo del modelo secuencial para la variable tipo de vía. Recapitulando el análisis por tipo de vía, el cual consistió en realizar una clasificación de los valores de ponderación de 2 al tipo de terracería y el valor de 1 al tipo pavimentada. Las herramientas utilizadas son: ***"Buffer"*** ver figura 63, ***"Merge"*** ver figura 64, ***"Polygon to Raster"*** ver figura 53 y por último el ***"Mosaic to New Raster"*** ver figura 65. A continuación se ilustra de forma integrada el modelo para el tipo vía de comunicación (Figura 69).

Es importante señalar que en cada geo proceso que se realice, el modelo debe ser guardado junto con el proyecto de ArcGis.



Figuras 68 y 69. Estructura del modelo secuencial para la variable vías de comunicación por análisis de proximidad y por tipo de vía.

5.4 OCURRENCIA HISTÓRICA DE INCENDIOS

Para realizar el mapa de riesgo de incendios forestales se utilizara otra variable más, la ocurrencia histórica de incendios. El cual se refiere a la frecuencia y causa de incendios (CONAFOR, 2010). Para su estudio, la CONAFOR divide esta variable en dos Análisis: A) Proximidad, B) Causas. En el caso del análisis de proximidad, se consideran distintas áreas de influencia. En lo referente al número de incendios. Sin embargo, el análisis por causas es relevante, ya que en la mayoría de los incendios son provocados por la intervención del hombre. En México, el 98% de los incendios son originados por actividades antrópicas, y el otro 2% por causas naturales. (Campaña CONAFOR, 2013).

5.4.1. Descripción

Se llama Incendio Forestal al fuego que afecta la vegetación en bosques, selvas y zonas áridas o semiáridas y aéreas preferentemente forestales, ya sea por causas naturales o inducidas, con una ocurrencia y propagación no controlada o programada. Un incendio forestal puede afectar desde una superficie incipiente hasta miles de hectáreas, ocasionando diversos efectos al suelo, flora y fauna, así como a los bienes y servicios como agua disponible en el subsuelo, captura de carbono, emisión de oxígeno, alimentación, recreación y composición de la biodiversidad, así como, en términos globales, contribuyen al cambio climático mundial a través de las emisiones (SEMADET, 2015).
Son los incendios que han ocurrido en años anteriores. Las áreas afectadas en algún momento, se asocian con una mayor probabilidad de ocurrencia de nuevos incendios (López, 2008). Se definen como los registros de incendios forestales del 2009 al 2013.

5.4.2. Fuentes de información

Los datos de incendios forestales con información de frecuencia y causas de incendios forestales se obtiene de una base de datos, los cuales son

enviados de los diferentes Centros Estatales de Gerencia Contra Incendios Forestales (GPCIF), se captura, se almacena, se obtiene un registro semanal y posteriormente anual a nivel nacional. Cabe destacar que desde el 2002 la instancia responsable de la operación y coordinación general del Programa de Incendios es la Comisión Nacional Forestal; la difusión y la información son herramientas clave para la prevención, es por ello que considera informar a la sociedad sobre acontecimientos de esta clase de eventos (CONAFOR, 2015).

5.4.3. Niveles de ponderación

Los niveles de ponderación que maneja la CONAFOR para realizar el mapa de riesgo. En la variable ocurrencia, se desarrollaron dos tipos de análisis: A) Proximidad, B) Causas.

Referente al primer aspecto, CONAFOR considera los siguientes rangos de ponderación (cuadro 7):

Cuadro 7. Valor de ponderación por número de incendios y proximidad del buffer.

Ponderación	Buffer
3	0-500 m
2	501-1000 m
1	1001-2000 m

Para el caso de las causas de incendios forestales 2009-2013, la CONAFOR considera cuatro categorías donde se asignan los siguientes valores de ponderación, además se clasifican como mayores causas las más comunes: Para la determinación de las causas de incendios forestales, en México la CONAFOR (2010), se enlistaron 15 causas distintas (Cuadros 8 y 9).

Cuadro 8. Valor de ponderación por tipo de causa.

No.	Causa	No.	Causa	No.	Causa
1	Actividades Agropecuarias	6	Fogatas de paseantes	11	Cazadores furtivos
2	Actividad Forestal	7	Quema de basureros	12	Descargas eléctricas
3	Otras actividades productivas	8	Litigios	13	Cultivos ilícitos
4	Limpia de desechos de vía	9	Rencillas	14	Ferrocarril
5	Fumadores	10	Aprovechamientos	15	Desconocidos

Cuadro 9. Valor de ponderación por tipo de causas y frecuencia de aparición.

Causa No.	Ponderación
1, 5 y 6	4
2, 4, 11 y 15	3
3, 7, 8, 9 y 12	2
10,13 y14	1

5.4.4. Secuencia de generación

Primeramente se agrega la capa de la variable ocurrencia histórica de incendios. La cual se denomina “Ocurrencia_historica_2005_2009”. Posteriormente, se procede a efectuar el primer análisis, el cual corresponde al de proximidad, anteriormente ya se había señalado, los rangos de ponderación que corresponden al cuadro (Cuadro 6).

Posteriormente, se procede al análisis de proximidad. El cual se basará en los rangos de ponderación que corresponden a la variable ocurrencia de incendios (Cuadro 6). Para esto, mediante la caja de herramientas (ArcToolbox), se selecciona, la caja Analysis Tools. Posterior la función ***“Multiple Ring Buffer”,*** con la cual se obtendrán las áreas de influencia de los incendios de 0-500m, 501-1000m, 1001-2000m (ver cuadro 6).

En la ventana de dialogo de la herramienta ***“Multiple Ring Buffer”*** (Figura 70), se añade la capa que se quiere analizar, en la sección “Input Features”. En este ejemplo, se selecciona la capa “incendios_2005_2009”. Posteriormente, en la sección “Output Feature Class”, se define donde se quiere guardar la capa resultante y su nombre. En este ejemplo se le

denominó como “multi_buffer_incendios”. Enseguida se específica en el apartado “Distance”, se definen las áreas de influencia (buffer). Que, en referencia a los rangos de ponderación, ya establecidos (Cuadro 6). En el apartado “Buffer Unit (optional)” se define la unidad de medida (metros). En el campo de “Field Name (optional)” se añade “distance” y por último en el campo “Dissolve Option (optional)” se deja por defecto en “ALL”. Finalmente, oprimir en el botón “OK”.

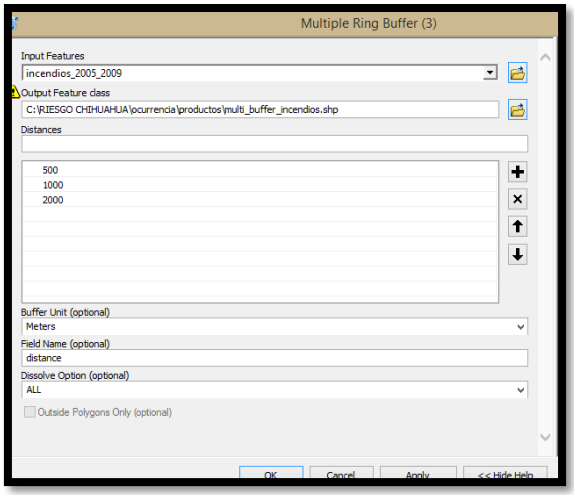


Figura 70. Ventana de dialogo de la herramienta “Multiple Ring Buffer”

Este tipo de herramienta permite generar múltiples áreas de influencia (buffer) en un solo archivo shapefile (Figura 71). Las cuales corresponden a las ponderaciones de ocurrencia de incendios.

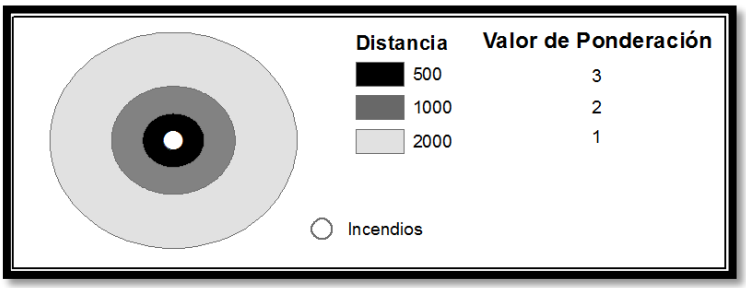


Figura 71. Esquema de las distancias de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), que corresponden a la variable de "Incendios".

Una vez que el proceso haya finalizado, lo siguiente es convertir esta capa shapefile a formato raster. Para esto se usa la función ***"Polygon to Raster",*** que se ubica en la caja ***"To Raster"***, que a la vez se localiza en la caja "Conversion Tools" de la caja de herramientas (ArcToolbox).

En la ventana de dialogo de la función ***"Polygon to Raster"*** (Figura 72), se deben definir los siguientes parámetros: **a)** "Input Features", que es la capa que se quiere convertir al formato raster, en este ejemplo "multi_buffer_incendios". En la cual se obtuvo el ***"Multi Ring Buffer"*** de las incendios; **b)** "Value field, que es el campo (variable), de la capa con el que se trabajará. En este caso "Distance"; **c) "Output Raster Dataset"**, que se refiere al lugar donde se archivará el resultado, y el nombre que se le asignará. En este caso "ras_ocurre"; **d)** "Cell assignment type", en este caso se selecciona CELL_CENTER; **e)** "Proximity field", se elige "NONE"; f) "Cellsize", se define el tamaño del pixel en este caso a "120m". Finalmente, oprimir en el botón "OK".

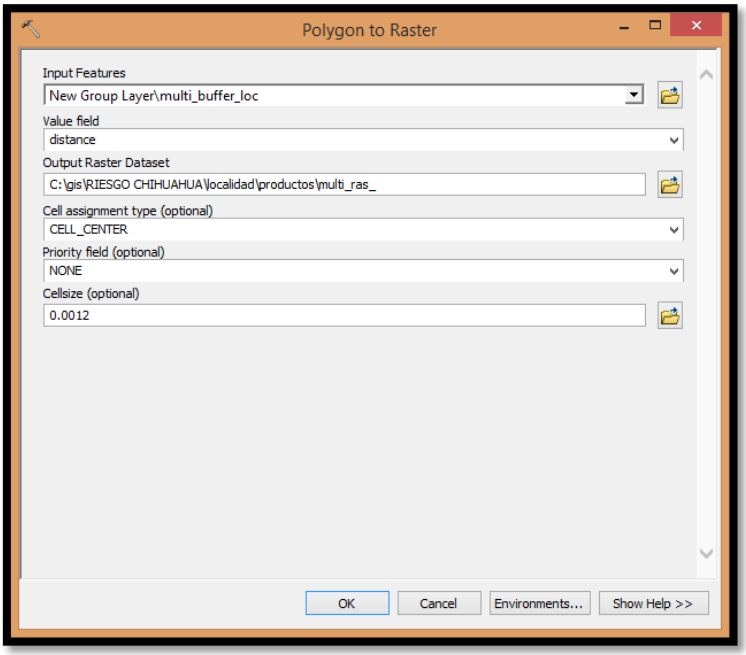


Figura 72. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Como producto se ilustran las múltiples áreas de influencia (buffer) en formatos raster (Figura 73).

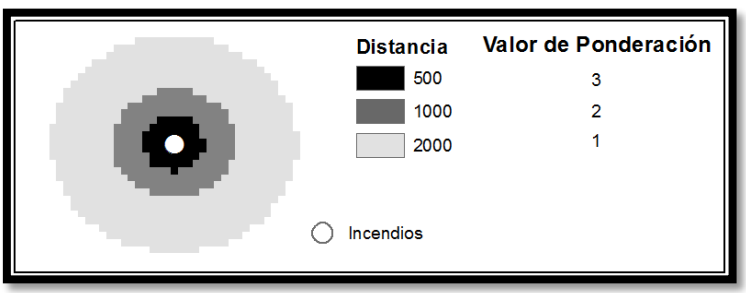


Figura 73. Esquema de las distancias de las áreas de influencia (Multiple Ring Buffer), en formato raster que corresponden a la variable de "ocurrencia de incendios".

A continuación se asigna el valor de ponderación a la capa raster, por medio de una reclasificación, para este proceso se utiliza la función ***"Reclassify"***, que se ubica en la caja "Raster Reclass", que a la vez se localiza en la caja **3D Analyst Tools** de la caja de herramientas (ArcToolbox).

En la ventana de dialogo de la función **"Reclassify"** (Figura 74), se deben definir los siguientes parámetros:

a) "Input Raster", que es la capa que se quiere reclasificar, la cual está en formato raster, en este caso "ras_ocurre".
b) "Reclass field", es el campo de la capa raster con el que se trabajará. En este caso "Value".
c) "Reclassification", donde se asignarán los parámetros correspondientes.
d) "Output raster", se refiere al lugar donde se archivará el resultado, y el nombre que se le asignará. En este caso "Rec_ocurre". Finalmente, se presiona el botón "OK".

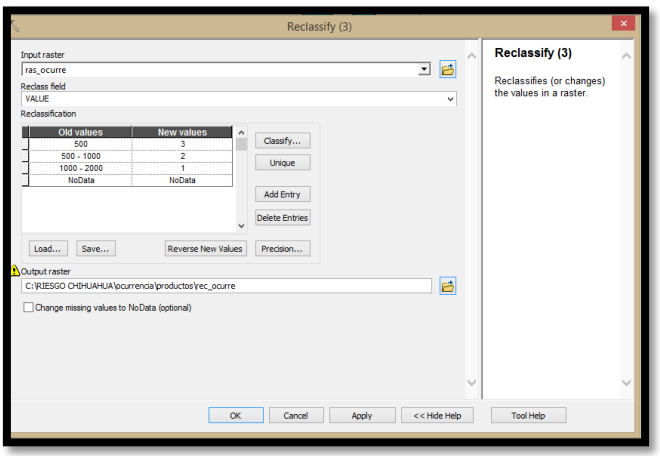


Figura 74. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Una vez que el proceso de reclasificación haya finalizado, lo siguiente es realizar una unión de raster (rec_ocurre) con otro raster, como base, el límite de estado por mencionar un ejemplo (Chihuahua). Sin embargo, el

límite del estado se debe crear una nueva columna a través de “Add Field” (Figura 75). Así mismo se tiene que colocar un encabezado denominado **“pon”** el Type: Double y señala “OK” (Figura 76).

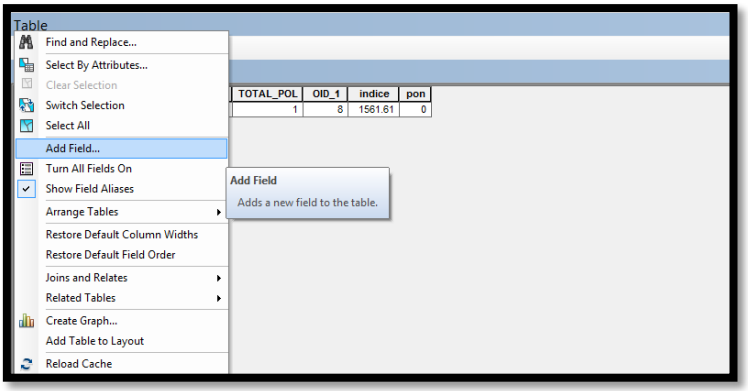


Figura 75. Ventana para crear una columna nueva en la tabla de atributos.

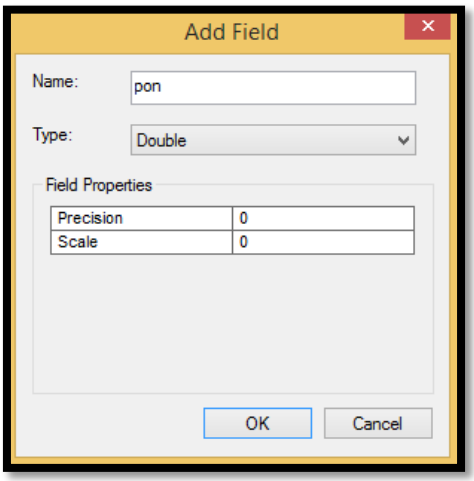


Figura 76. Asignación de parámetros, para la columna nueva “pon”.

Una vez que se genera la columna nueva, se presiona el botón derecho del mouse sobre dicha columna, se desglosa un menú de opciones y se señala “Field Calculator” (Figura 77). Posteriormente se asigna

ponderación valor null (cero), este proceso permite generar el valor asignado a todas las filas dela columna (Figura 78).

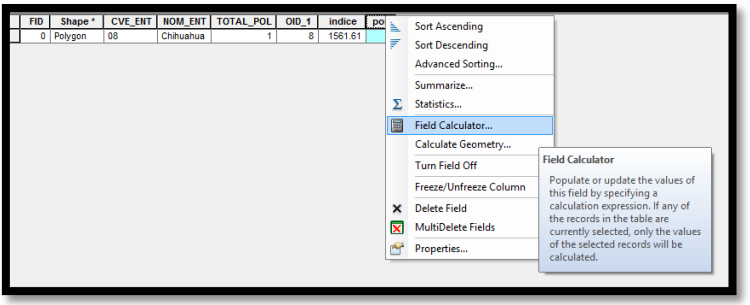


Figura 77. Despliegue del menú de opciones, y ubicación del "Field Calculator"

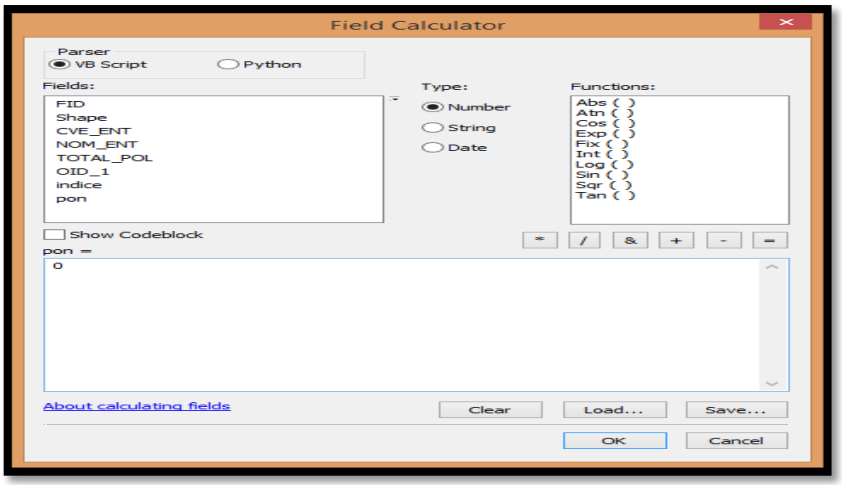


Figura 78. Aplicación de "Field Calculator", con el valor de ponderación de 0.

Cabe señalar que este geo proceso, consisten en generar una malla de pixeles con valor a cero "0".
Una vez que se obtenga el valor ponderado (cero) en la base de datos, lo siguiente es convertir esta capa shapefile a formato raster. Para esto se usa la función ***"Polygon to Raster".***

En último término, mediante la función **data Management Tools**, se ejecutara la herramienta ***"Mosaic to new raster"***.

Una vez que aparece la ventana, se introducen las variables a analizar, realizando una integración de los raster generados, y los distintos parámetros que se requieren para ejecutar la herramienta (Figura 79).

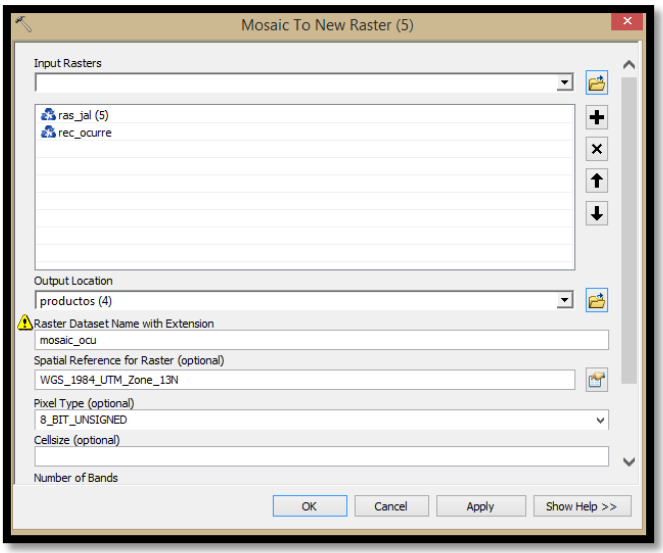


Figura 79. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

A continuación se realiza el análisis por causas de incendios. Para obtener las causas, se tendrá que acudir a la caja de herramientas de "Analisys Tools", dentro de la caja de herramientas de ArcGis, se elige la herramienta para seleccionar ***"Select"*** ver figura 57.
Dentro de la cual se asignan las características, de acuerdo a los criterios de ponderación que asigna CONAFOR (2010). Para esto, primeramente, se debe especificar cuál es la capa con la que se trabajará (Input Features), para el primer caso es la de "Ocurrencia histórica de incendios 2005-2009". Misma que ya debe estar agregada a la tabla de contenidos, de la plataforma ArcGis. Posteriormente, en la sección "Output Feature

Class", se define donde se guardará la capa resultante con su respectivo nombre. En este ejemplo se le denominó como "causas_1_5_y_6". El cual corresponde al valor de ponderación de 4 (Cuadro 7).

Para especificar las características de las causas de incendios, con el cual se requiere trabajar, se debe agregar una formula en la sección "Expression". Para este paso, se oprime en el icono  para abrir la ventana de definición de búsqueda (Query Builder) (Figura 80). Aquí la idea es que se seleccione las causas tales como; 1 (Actividades agropecuarias), 5 (Fumadores) y 6 (Fogatas de paseantes) (cuadro 8). Por lo que en "Query Builder" se define la siguiente expresión:

"ID_CAUSA" = 1 OR "ID_CAUSA" = 5 OR "ID_CAUSA" = 6

La variable "ID_CAUSA" es parte de la información que ya viene integrada en la capa de "Ocurrencia histórica de incendios 2005-2009", que se obtuvo de la CONAFOR y cuyo valor representa el total de número de causas de incendios. Para ejecutar la formula, presionar el botón "OK".

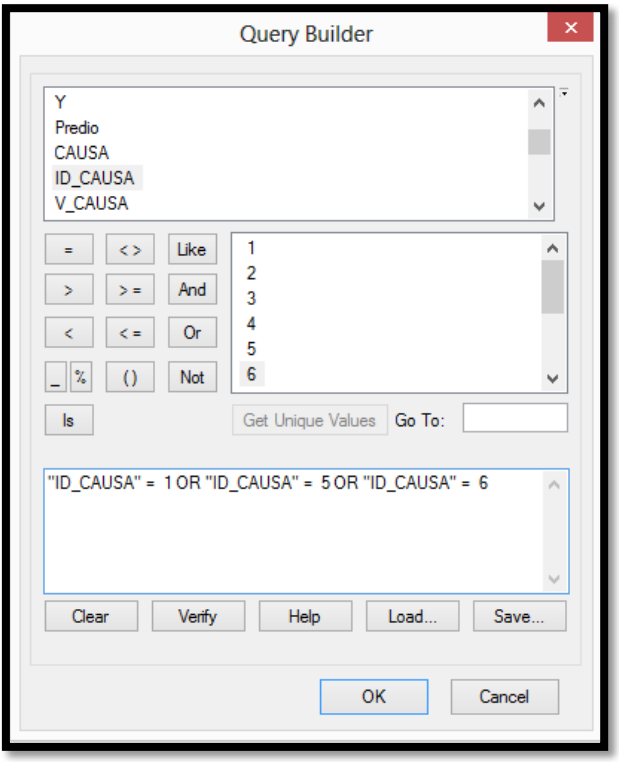


Figura 80. Aplicación de un "Query Builder" para la clasificación de las causas de incendios "actividades agropecuarias, fumadores y fogatas de paseantes".

Cabe señalar que para clasificar las demás causas de incendios con sus respectivas ponderaciones, se aplica un procedimiento similar. Por lo que, en la figura 81 se ilustran las causas de incendios ya clasificadas.

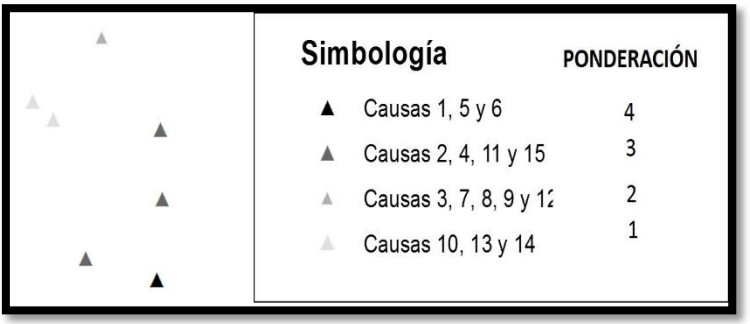


Figura 81. Causas de incendios, con el tipo de ponderación correspondiente.

Una vez que se obtenga las causas de incendios, es necesario asignar los valores de ponderación (Cuadro 8). Se tendrá que generar una nueva columna en la base de datos del shapefile "causas_pon_4" y en ella asignar el valor correspondiente. Esto se realiza a través de la tabla de opciones (Table Options) se señala "Add Field" para añadir una nueva columna (Figura 82).

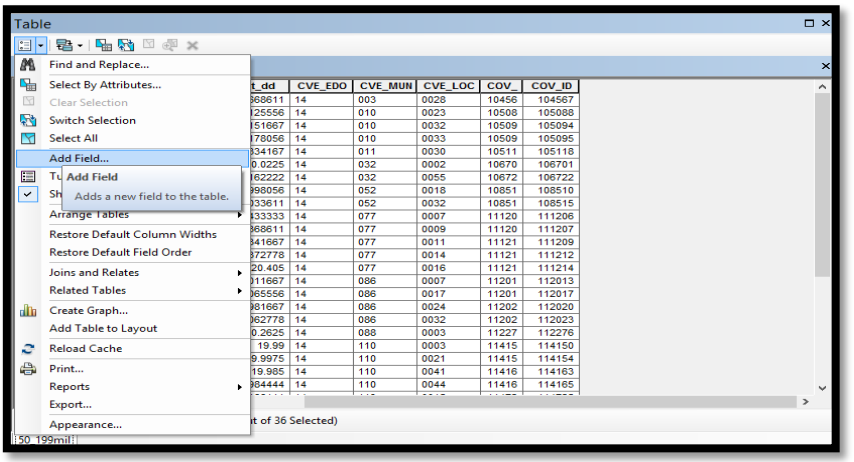


Figura 82. Ventana para crear una nueva columna en la tabla de atributos "causas_pon_4".

Se visualizara una ventana, se asignaran los parámetros para el nombre de la nueva columna; denominado (Name: **pon**) como el nombre y tipo de la columna será numérico (Type: **Double**), por ultimo presionar el botón "OK" (Figura 83).

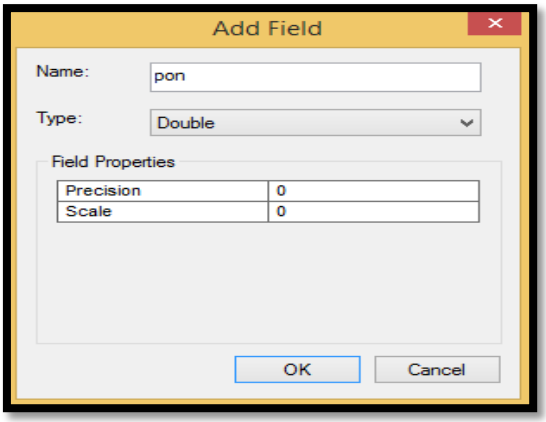


Figura 83. Asignación de parámetros, para la columna nueva "pon".

Una vez que se genera la nueva columna, señalar sobre el encabezado, presionando el botón derecho del cursor, el cual abrirá un menú de opciones, optamos por la calculadora de columnas "Field Calculator" (Figura 84). Posteriormente se le asigna el número 4, por su valor de ponderación, que rige la metodología; este geo proceso permitirá crear en una sola acción, el parámetro expuesto en la calculadora a todas las filas de la columna (Figura 85). Cabe señalar que para este geo proceso también se realiza para las causas_pon_1, causas_pon_2, y causas_pon_3, solo que el valor de ponderación será de acuerdo a el rango que le corresponde, de acuerdo a la metodología de CONAFOR 2010.

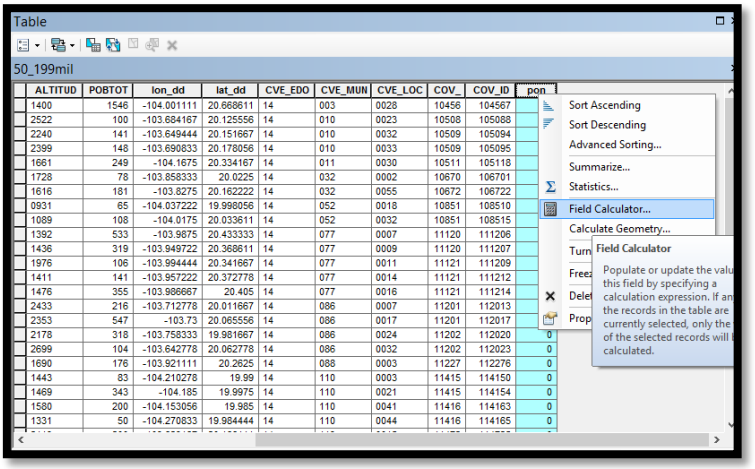


Figura 84. Menú de opciones para ubicar "Field Calculator"

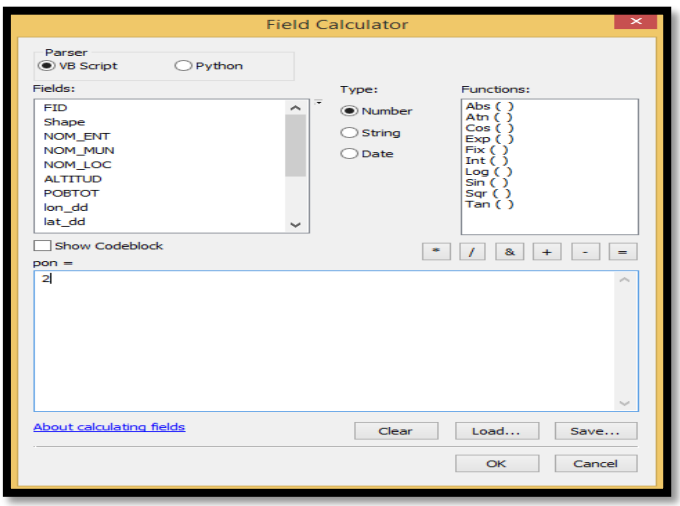


Figura 85. Calculadora de Columnas "Field Calculator".

El siguiente geo proceso consiste en realizar cuatro áreas de influencia (buffer) de 2000 metros. Los cuales ya se encuentran ponderados. Para ello, en la caja de herramientas (Arctoolbox), se elige la herramienta

"Buffer". Mediante la caja de herramienta "Analisys Tools", después la caja "Proximity".

En la ventana de dialogo de la herramienta ***"Buffer"***, se selecciona la capa que se quiere analizar, en la sección "Input Features". En este ejemplo, se selecciona la capa denominada "causas_pon_4". Después, en la sección "Output Feature Class", se define donde se quiere guardar la capa resultante y su nombre. En este ejemplo se le denominó "Buffer_pon_4" (Figura 86). Posteriormente se específica, en el apartado "Distance", la distancia a la que se requiere en el área de influencia (buffer). La cual se establece a 2000 metros. Finalmente se presiona sobre el botón "OK".

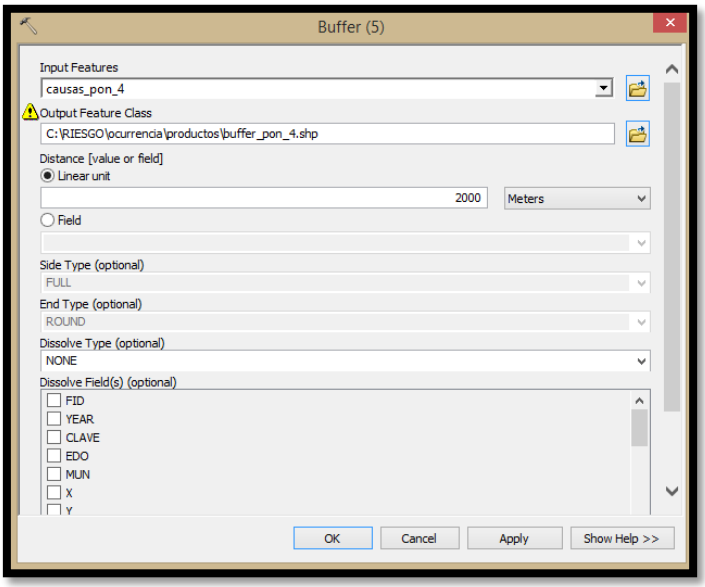


Figura 86. Ventana de dialogo de la herramienta "Buffer".

El siguiente geo proceso consiste en unificar las áreas de influencia, para que en dichas áreas. Para esto se utiliza la herramienta ***"Merge"***, la cual se ubica en la caja de "Data Manegement Tools", posterior caja "General" de ArcToolbox.

En la ventana de dialogo de la herramienta ***"Merge",*** se seleccionan las capas que se quiere analizar, en la sección "Input Datasets". En este ejemplo, se selecciona la capa denominada "causas_pon_4, causa_pon_3, causas_pon_2 y causas_pon_1". Posteriormente, en la sección "Output Datasets", se define donde se quiere guardar la capa resultante y su nombre. En este caso se le denomino o "merge_tipo", finaliza el proceso, presionando el botón "OK" (Figura 87).

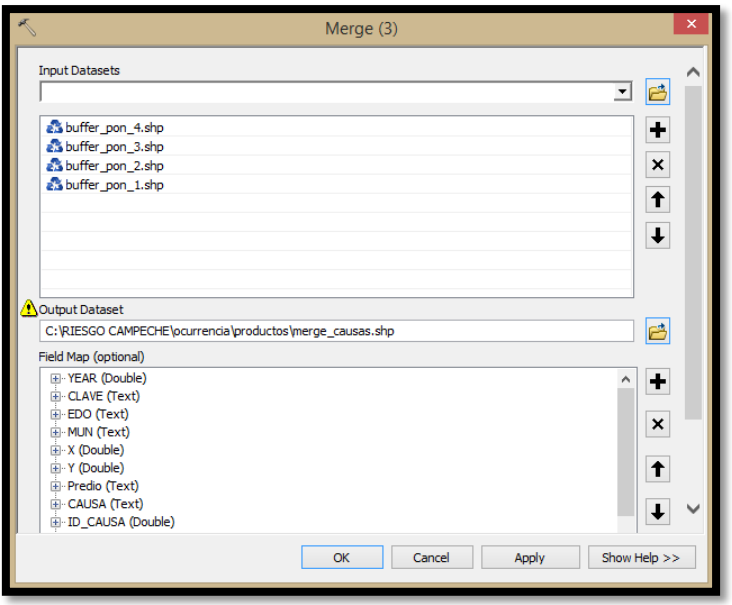


Figura 87. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

Una vez, que se haya realizado el análisis por causas de incendios la información generada se trasformará en una capa raster. Para esto se usa la función ***"Polygon to Raster"***. En último término mediante la función **data Management Tools**, se ejecutara la herramienta ***"Mosaic to New Raster"***.

Una vez que aparece la ventana, introducen las variables a analizar, realizando una integración de los raster generados, y los distintos parámetros que se requieren para ejecutar la herramienta (Figura 88).

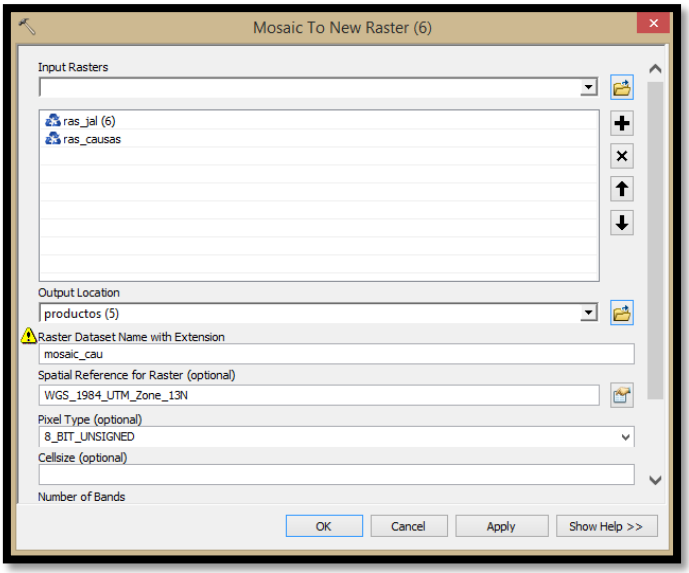


Figura 88. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

El objetivo de esta herramienta, consiste en generar una malla con valor en los pixeles, esto con el fin de sumar los valores de ponderación de cada una de las capas a las que se le asigno información de acuerdo a los análisis que se requieren.

5.4.5. Estructuración del modelo

Los geo procesos del modelo secuencial para la ocurrencia histórica de incendios es un procedimiento similar a las dos variables anteriores localidades y vías de comunicación. Para ello se tendrá que revisar el capítulo ***"5.4.4. Secuencia de generación"*** en el cual se describen los

pasos para generar el mapa de riesgo utilizando los dos análisis, los cuales corresponden al de proximidad y causas de incendios ver páginas 78 a la 90. A continuación se muestra como se debe añadir la herramienta ***"Multiple Ring Buffer"*** (Figura 89).

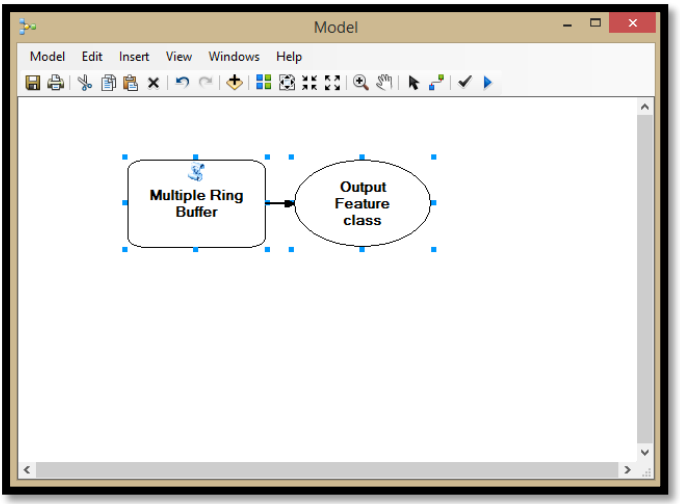


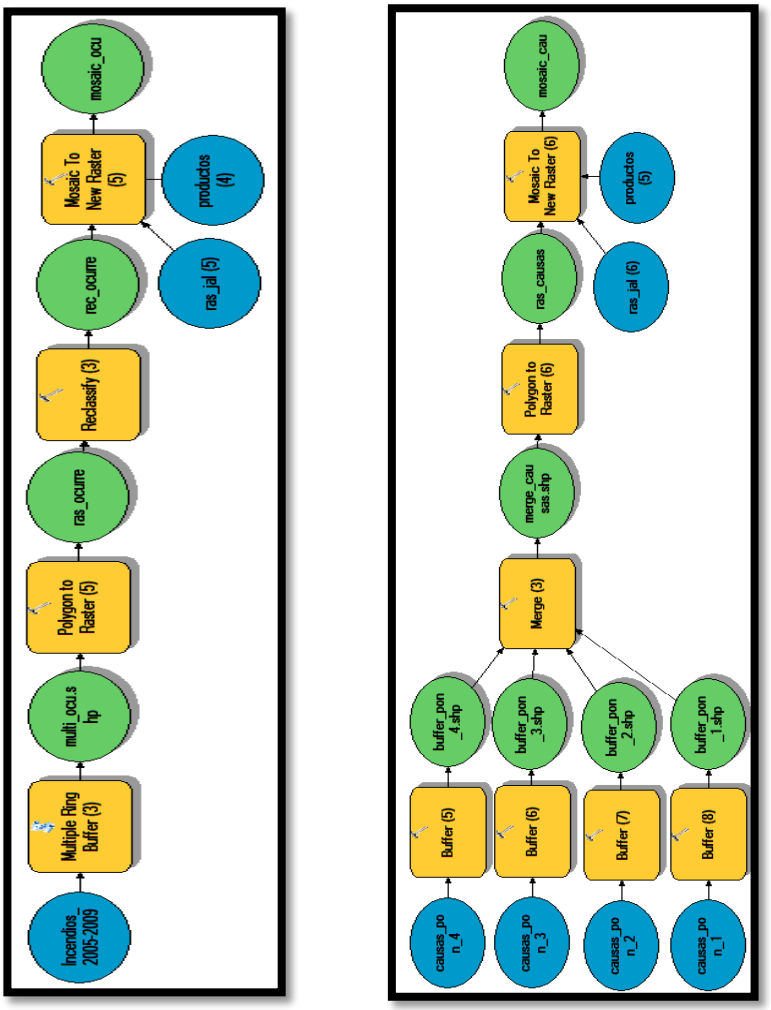
Figura 89. Asignación de la herramienta *"Multiple Ring Buffer".*

Una vez que se añade la herramienta en la plataforma del modelbuilder, lo siguiente es dar doble click en el cual se abrirá una ventana, donde se especificarán los parámetros correspondientes para dicho geo proceso, revisar páginas 75 y 76. Una vez que los parámetros son definidos en la herramienta, el modelo se ilumina en tres colores diferentes, en los cuales ya se mencionó el significado de cada uno de ellos ver figura 41.

El siguiente geo proceso consiste en la transformación de un archivo shapefile a raster, utilizando la herramienta ***"Polygon to Raster"*** ver figura 72. Posteriormente estos valores se tendrán que reclasificar para respetar los criterios de ponderación que la CONAFOR utiliza para el desarrollo del mapa de riesgo, en el cual se utiliza la herramienta ***"Reclassify"*** ver figura 74 y por último se utilizó la herramienta ***"Mosaic to New Raster"*** como objetivo principal es unir los raster ponderados a la malla de pixeles con valor a (cero) del raster. A continuación se ilustra el

modelo secuencial para la variable vías de comunicación del análisis por proximidad (Figura 90).

A continuación se ejemplifica la forma automatizada para el desarrollo del modelo secuencial para la variable causas de incendios. Con base a ello se tendrán que revisar las páginas 78 a la 90, en este apartado se describe el proceso en el cual se desarrolla este análisis y la agrupación de la herramientas utilizadas. Recapitulando este análisis por causas consistió en realizar una clasificación, donde se le asignó un valor de ponderación ver cuadro 8. Las herramientas utilizadas son: ***"Buffer"*** ver figura 86, ***"Merge"*** ver figura 87, ***"Polygon to Raster"*** ver figura 72 y por último el ***"Mosaic to New Raster"*** ver figura 88. A continuación se ilustra de forma integrada el modelo para el tipo vía de comunicación (Figura 91).
Es importante señalar que en cada geo proceso que se realice, el modelo debe ser guardado junto con el proyecto de ArcGis.



Figuras 90 y 91. Estructura del modelo secuencial para la variable ocurrencia de incendios análisis por proximidad y por causas de incendios.

5.5. POLÍGONOS DE TERRENOS FORESTALES INCENDIADOS

Siguiendo la metodología de la CONAFOR “Procedimiento para la elaboración de un mapa de áreas de atención prioritaria contra incendios forestales”, se añadió una variable más para el desarrollo del mapa de riesgo de incendios forestales. El cual se refiere a los polígonos de terrenos incendiados (CONAFOR, 2014). Para su estudio, la CONAFOR realiza este análisis base de presencia y ausencia de los polígonos incendiados.

5.5.1. Descripción

Es considerado que las especies que empiezan a poblar los sitios siniestrados representan un riesgo al considerarse como vegetación con menor tiempo de retardación (CONAFOR, 2014). Por lo tanto, las áreas afectadas, presentan una mayor probabilidad de ocurrencia de incendios.

5.5.2. Fuentes de información

La fuente de información de los polígonos incendiados 2010-2013 se obtuvo a través de los Centros Estatales de Gerencia Contra Incendios Forestales, la cual se captura y se almacena en una base de datos.

5.5.3. Niveles de ponderación

El nivel de ponderación para esta variable se desarrolló de la siguiente manera:

Cuadro 10. Valor de ponderación por polígonos incendiados.

Valor	Terrenos Forestales Incendiados
Ponderación	2

5.5.4. Secuencia de generación

Para estructurar la variable de los polígonos incendiados, se realiza una serie de geo procesos, en cual se mencionarán detalladamente. Los polígonos se encuentran en formato shapefile, por lo que necesario crear dentro de la base de datos una nueva columna y asignarle un valor de ponderación (ver cuadro 9). Una vez que se añade la capa vectorial, lo siguiente es abrir **(Table Of Contents)**, se resalta (con pulsar el botón izquierdo del cursor). Esto se verifica al ver que la capa seleccionada se encuadra con color azul (Figura 92). Una vez hecho esto, el cursor se ubica en esta capa, pulsar, con el botón derecho del cursor, desplegándose un cuadro con un menú de opciones. Se señala y se tendrá que abrir la tabla de atributos (**Open Atribute Table**).

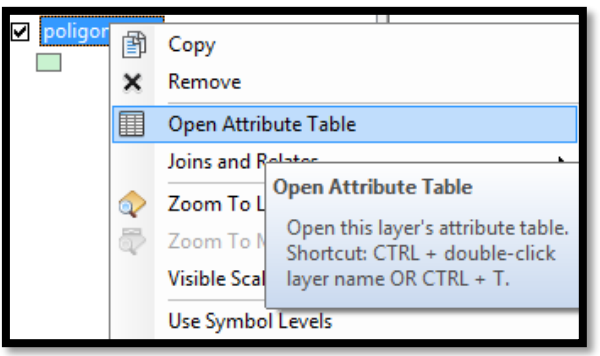


Figura 92. Despliegue del menú de opciones, donde se ubica la opción para abrir la tabla de atributos (Open Attribute Table).

Una vez abierta la tabla de contenidos (Figura 92), se procede a crear dentro de la base de datos una nueva columna. Con el apuntador pulsar con botón izquierdo en el icono tabla de opciones (**Table Options**), se despliega, ubicando "**Add Field**" (Figura 93). No obstante se abrirá una ventana, para añadir los parámetros que se requiere, para crear el nuevo campo o variable. Así mismo asignar un nombre como encabezado, este será "**pon**". En el siguiente apartado, se refiere al tipo de propiedad que llevará la nueva columna, se desglosará un menú de opciones, en este

caso será de tipo numérico (**Type: Double**). Concluir en pulsar el botón "**OK**".

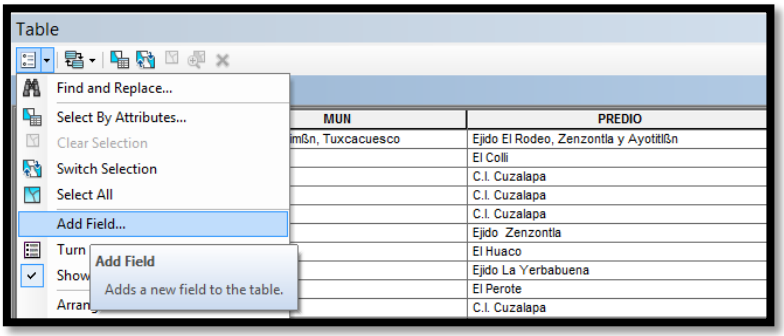


Figura 92. Ventana para crear una columna nueva en la tabla de atributos.

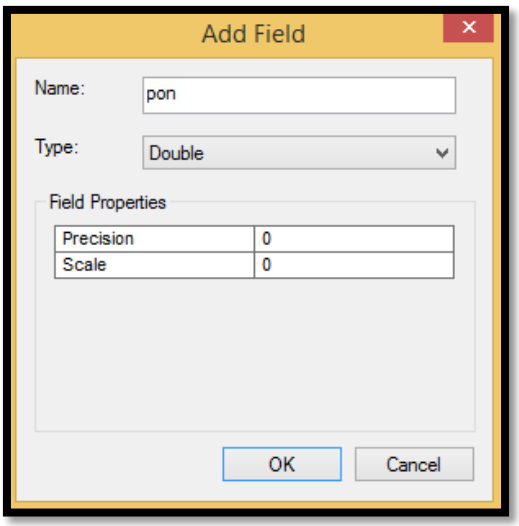


Figura 93. Asignación de parámetros, para la columna nueva "pon".

Una vez que se crea la columna nueva, se le asignará la ponderación correspondiente. Pulsando el botón derecho del cursor, sobre dicha columna, en ella se desglosa un menú de opciones, señalar "**Field Calculator**" (Figura 94). Por consiguiente se abrirá la calculadora de columnas, en ella se asignará en el apartado de expresiones la

ponderación de dos (2). Este geo proceso permite generar el valor asignado a todas las filas de la columna (Figura 95).

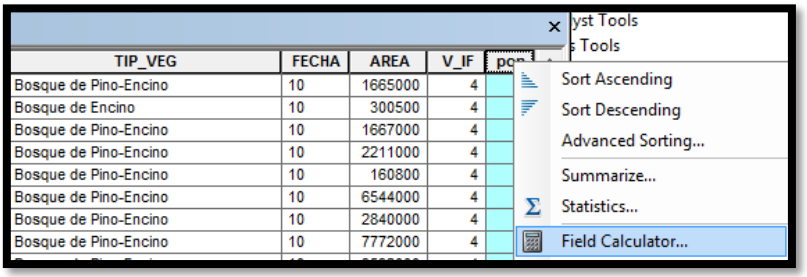


Figura 94. Despliegue del menú de opciones, y ubicación de la calculadora de columnas "Field Calculator".

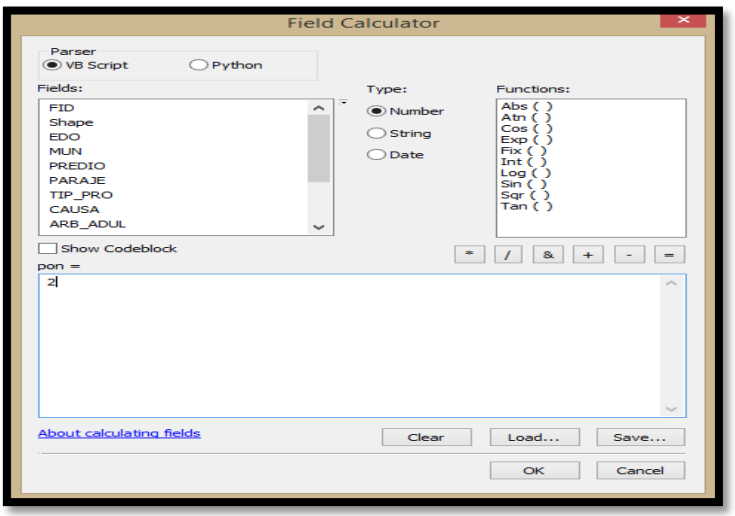


Figura 95. Aplicación de "Field Calculator", con el valor de ponderación de 2.

Una vez que se obtenga el valor ponderado (2) dentro de la base de datos de la capa, lo siguiente es convertir el shapefile a formato raster. Para ello se utilizará el geo proceso de la herramienta ***"Polygon to Raster"***. Quedando como resultado la conversión de la capa "polígonos de terrenos incendiados" de shapefile a formato raster.

Una vez que el proceso haya finalizado, lo siguiente es convertir esta capa shapefile a formato raster. Para esto se utilizará la función "***Polygon to Raster***" (Figura 96). Dentro de la caja de herramientas **Conversion Tools**, en consiguiente **To Raster**, de (ArcToolbox).

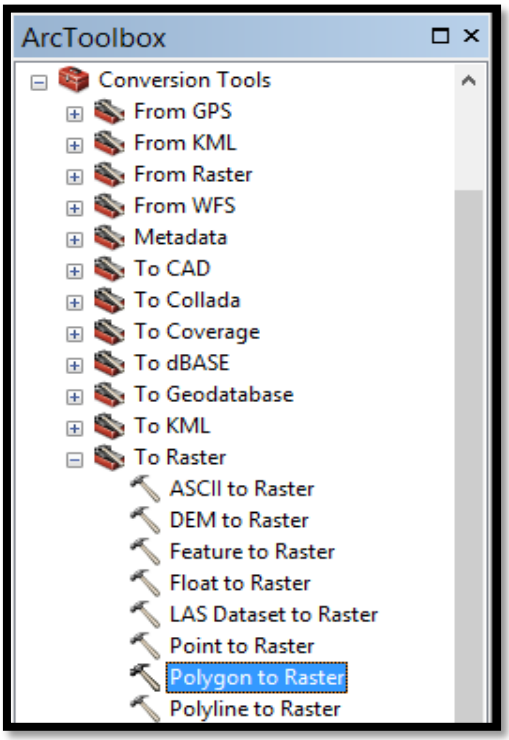


Figura 96. La ubicación de la función "Polygon to Raster", dentro de la caja de herramientas de ArcToolbox.

En la ventana de dialogo de la función ***"Polygon to Raster"*** (Figura 97), se debe definir los siguientes apartados, para llevar acabo el geo proceso: en **Input Features**, añadir el shapefile que se convertirá a formato raster, en este ejemplo "***polígonos_jal***". En el apartado **Value field**, señalar el campo o variable, que contiene la base de datos del Shapefile, "*Distance*". **Output Raster Dataset**, Lugar de destino y nombre del nuevo raster

"***ras_poligonos***"; posterior **Cell assignment type**, se desglosará un menú de opciones, señalar **CELL_CENTER**. En **Proximity field**, se desglosará un menú de opciones, señalar **NONE**; Último apartado, **Cellsize (optional)**, se definirá el tamaño de pixel, teniendo en cuenta que es opcional, en este sentido a (0.00012), "120 m". Concluir en pulsar el botón "**OK**".

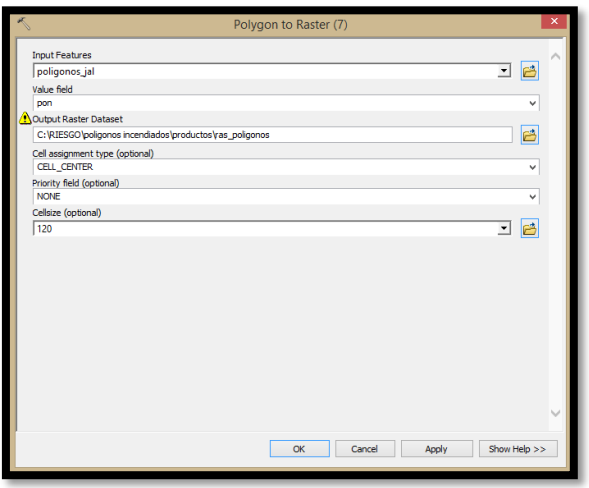


Figura 97. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

En último término, realizar una integración de los raster generados mediante la herramienta ***"Mosaic to New Raster"***. Mediante ArcToolbox, esta herramienta, se localiza dentro de **Data Management Tools**, posterior **Raster**, en consiguiente **Raster Dataset** (figura 98).

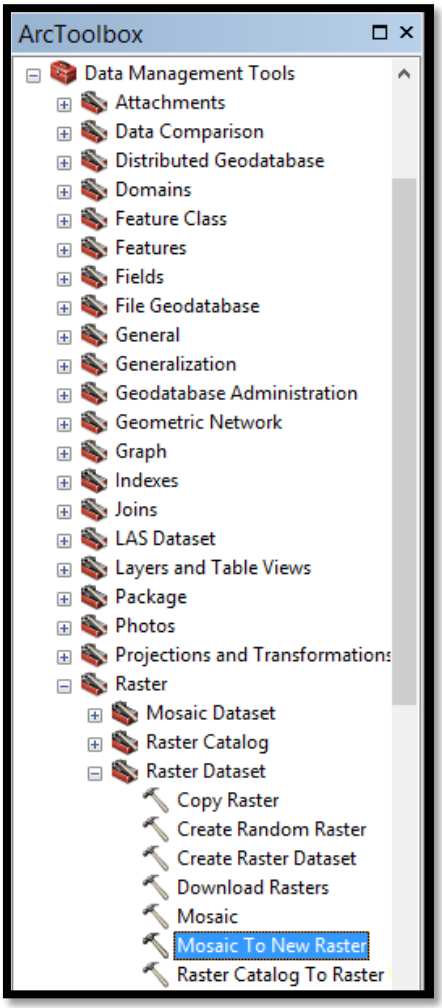


Figura 98. Ubicación de la Herramienta Mosaic to New Raster, mediante la función Data Management Tools.

En la ventana de dialogo de la herramienta ***"Mosaic To New Raster"*** (Figura 99), se debe definir los parámetros, mediante los siguientes apartados: **Input Rasters**, añadir las capas rasters, para la integración, ("***ras_poligonos***" y "**ras_jal**"). En el apartado **Output Location** nombre y lugar de destino. En **Raster Datasets Name whit Extensions**, asignar

nombre del raster "***mosaic_poli***". En **Spatial Reference for Raster (optional)**, WGS_1984_UTM_Zone_13_N. En **Pixel Type (optional)**, el parámetro que aparece, se dejará por "default". Concluir en pulsar el botón "**OK**".

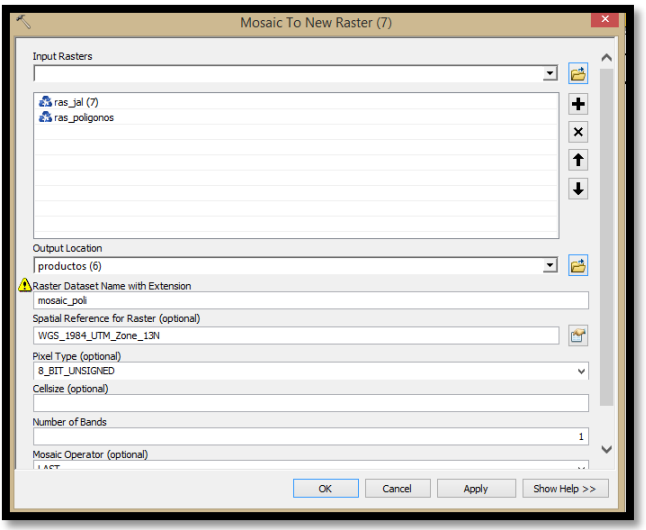


Figura 99. Ventana y asignación de los parámetros, para la ejecución de la herramienta.

El objetivo principal de esta herramienta, consiste en generar una malla con valores en los pixeles, ya que en este tipo de archivos es posible sumar sus valores de ponderación correspondientes, el cual más adelante se requerirán cada uno de estos productos, para determinar las áreas de riesgo de incendio forestal. A continuación se muestra el ejemplo de los polígonos incendiados con su respectiva ponderación (Figura 100).

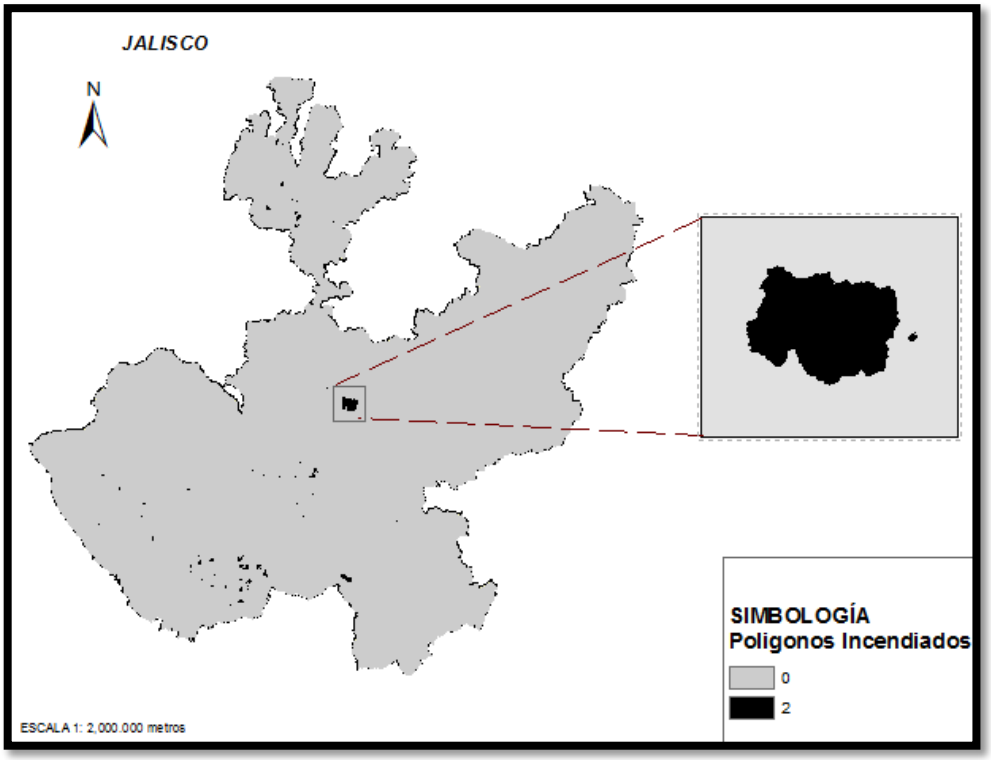


Figura 100. Ilustración de los polígonos de terrenos forestales incendiados 2010-2013.

5.5.5. Estructuración del modelo

A continuación se ejemplifica la estructura del modelo secuencial, aplicado en la variable terrenos forestales incendiados, para ello se desarrolló un procedimiento para ver ello se tendrá que revisar el capítulo ***"5.5.4. Secuencia de generación"*** en el cual se describen los pasos para generar el mapa de riesgo utilizando dicha variable. En seguida se muestra como se debe añadir la herramienta ***"Polygon to Raster"*** (Figura 101).

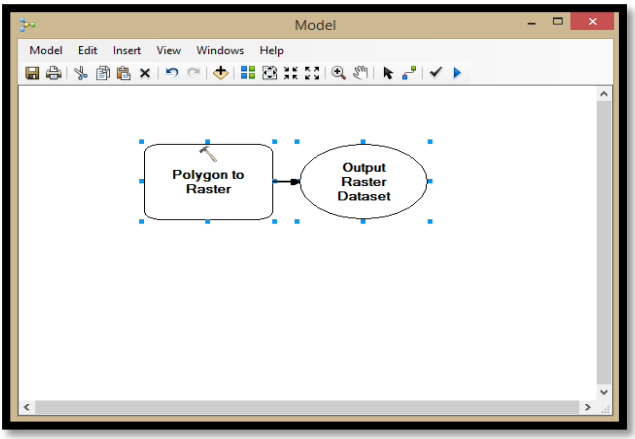


Figura 101. Asignación de la herramienta *"Polygon to Raster".*

Una vez que se añade la herramienta en la plataforma del modelbuilder, lo siguiente es dar doble click en el cual se abrirá una ventana, donde se especificarán los parámetros correspondientes para dicho geo proceso, revisar páginas 98 y 99. Una vez que los parámetros son definidos en la herramienta, el modelo se ilumina en tres colores diferentes, en los cuales ya se mencionó el significado de cada uno de ellos ver figura 41.

A continuación se describe el geo proceso, en el cual se utilizó la herramienta ***"Mosaic to New Raster"*** como objetivo de la herramienta es unir los raster ponderados a la malla de pixeles con valor a (cero). A continuación se ilustra el modelo secuencial para la variable (Figura 102).

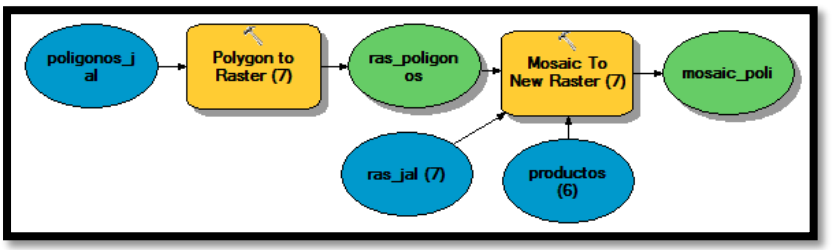


Figura 102. Estructura del modelo secuencial para la variable terrenos forestales incendiados 2010-2013.

Es importante señalar que en cada geo proceso que se realice, el modelo debe ser guardado junto con el proyecto de ArcGis.

5.6 MAPA DE RIESGO

Se refiere a los indicadores utilizados, los cuales se basaron en antecedentes sobre localización y tamaño de los centros de población, la red de vías de comunicación clasificadas según sus tipos de carpeta de rodado y por último los incendios que efectivamente se han presentado en el pasado (PRODEFO, 2000). Este se realiza con la integración de los criterios antes mencionados, además es importante comprender cuales son todos los aspectos tomados en cuenta y como se manejan los distintos valores para cada una de las variables en el proceso de zonificación. De esta integración de variables se obtiene como producto el mapa de riesgo con sus diferentes rangos de ponderación.

5.6.1. Descripción

Es el estudio de los factores que determinan la iniciación de incendios forestales (ocurrencia) (Julio, 2000). El mapa de riesgo de incendios forestales permite realizar un análisis completo de las zonas más afectadas, con base a los criterios de ponderación que la CONAFOR estima en su respectivo análisis.

Por lo tanto, es necesario dimensionar y seleccionar las zonas de mayor relevancia con base en los valores de ponderación ya integrados. Debido a que no es posible que en todos los sitios se lleven a cabo las labores preventivas, ya que los recursos (financieros y humanos) son limitados.

5.6.2. Niveles de ponderaciones

De acuerdo a los niveles de ponderación que integra CONAFOR para el mapa de riesgo de incendio, el análisis fue sud-dividido en cuatro variables; Localidades, Vías de Comunicación, Ocurrencia histórica y los Terrenos forestales incendiados.

5.6.3. Niveles de Riesgo

De acuerdo a la suma de las 6 variables de riesgo, el valor máximo obtenido fue de 20, realizando una división de estos valores se obtienen las tres clases de los niveles de riesgo (cuadro 11).

Cuadro 11. Clasificación de los niveles de riesgo.

Nivel Riesgo	Ponderación
Alto	13 - 20
Medio	7 – 12
Bajo	1 – 6

5.6.4. Secuencia de generación

Para poder realizar el mapa de riesgo de incendios en los SIG. Se realiza un algebra de mapas, donde se indica la sumatoria de los valores de ponderación, el cual consiste en las variables: localidades, vías de comunicación, ocurrencia histórica de incendios y los polígonos de terrenos forestales incendiados.

A continuación, se describirá paso a paso el geo proceso para el desarrollo del mapa de Riesgo de incendios. Mediante la función "**Spatial Analyst Tools"**, se ejecutara la herramienta ***"Raster Calculator"*** la cual se ubica en **"Map Algebra"** (Figura 103). Para Blas y Masot (2008), elaboraron un

mapa de riesgo de incendios forestales en la provincia de Cáceres, España, donde utilizaron variables como: carreteras, líneas eléctricas, zonas urbanas, vertederos, zonas de ocio, combustibles, exposición del terreno, pendiente, insolación, altitud, precipitación, temperatura y humedad de vegetación. Se utilizó la técnica del algebra de mapas como superposición de imágenes, donde finalmente como resultado se obtuvieron las áreas propensas al riesgo de incendio forestal.

Una vez que aparece la ventana, se introducen las variables a analizar, realizando una integración de los raster generados en **"Layers and variables",** además se asigna una ruta de salida en **"Output raster",** en cual se denomina **"riesgo_jal"** (Figura 104).

En la (Figura 105) muestra el resultado de la integración de las variables, para generar el mapa de riesgo de incendios forestales.

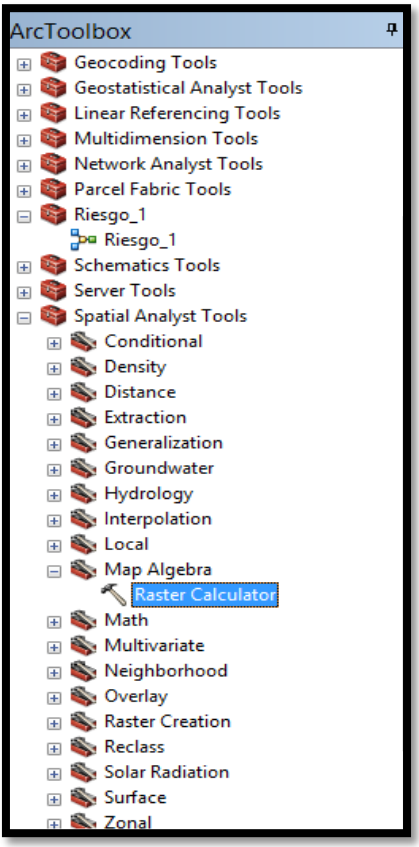


Figura 103. Ubicación de la Herramienta Raster Calculator, mediante la función Map Algebra.

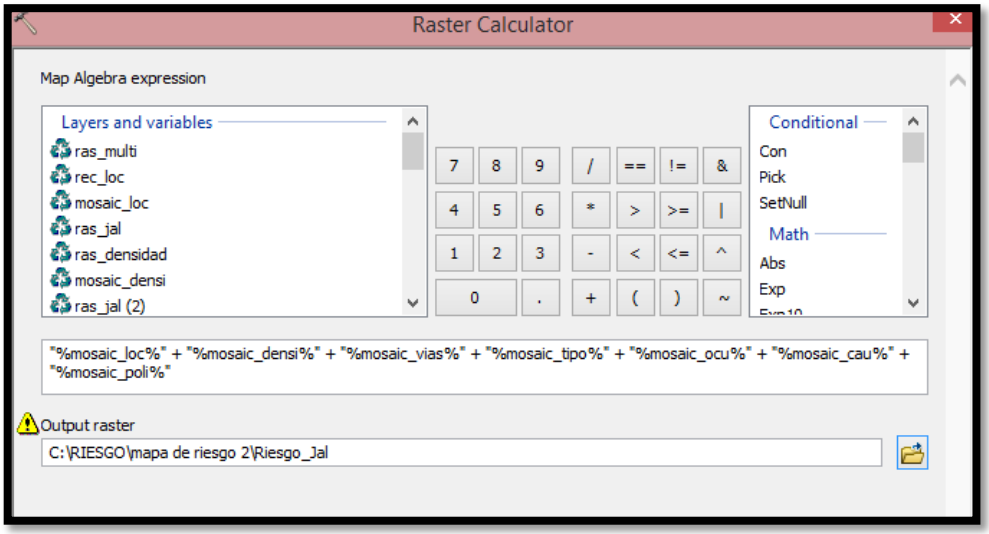


Figura 104. Ventana de la herramienta Raster Calculator y sus parámetros.

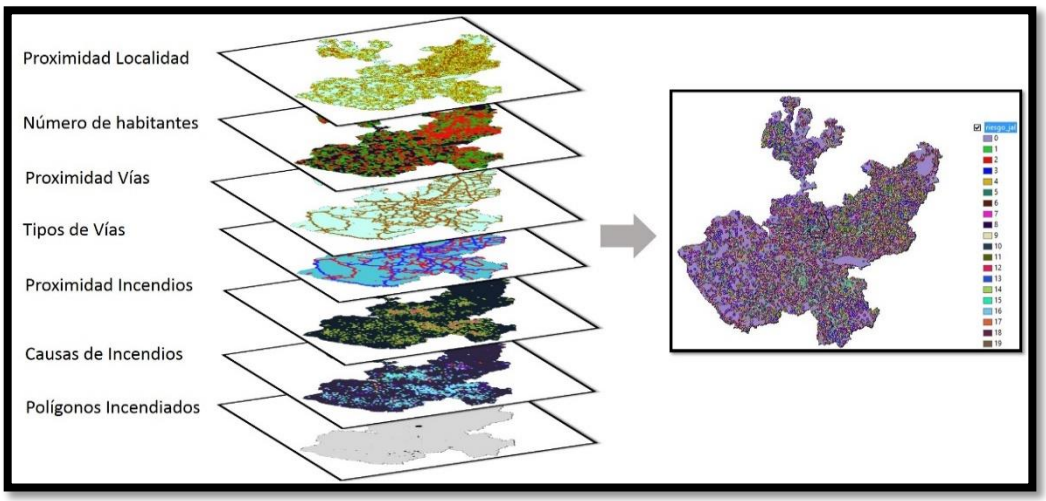


Figura 105. Integración de las 7 capas de información (cercanía por localidad, número de habitantes, cercanía a vías, tipos de vías, proximidad de incendios, causas de incendios y polígonos incendiados) para generar el mapa de riesgo.

En la figura anterior se muestra el raster obtenido de la suma de capas de las seis variables. Posteriormente para calcular las tres clases baja, media y alta, se tendrá que realizar una reclasificación, haciendo click derecho sobre el raster de riesgo de Jalisco se abrirán las propiedades (Figura 106).

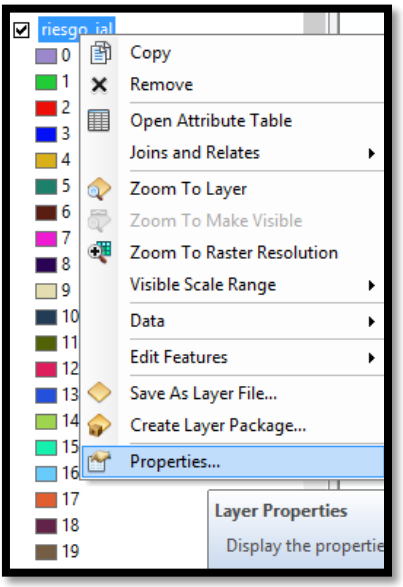
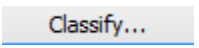


Figura 106. Opción de las propiedades de riesgo_jal.

Una vez que se abre la ventana, y se elige la opción ***"Symbology"***, por consiguiente se escogerá la opción ***"Classified"*** (Figura 107).

Posteriormente se presiona en el botón 

lo cual aparecerá una nueva ventana en el cual se ingresarán otros parámetros. Se elige el método ***"Equal Interval"*** lo cual quiere decir que el sistema calculará con base a una división, posteriormente se elige las clases las cuales son 3 y por último se aplica un ***"OK"*** (Figura 108).

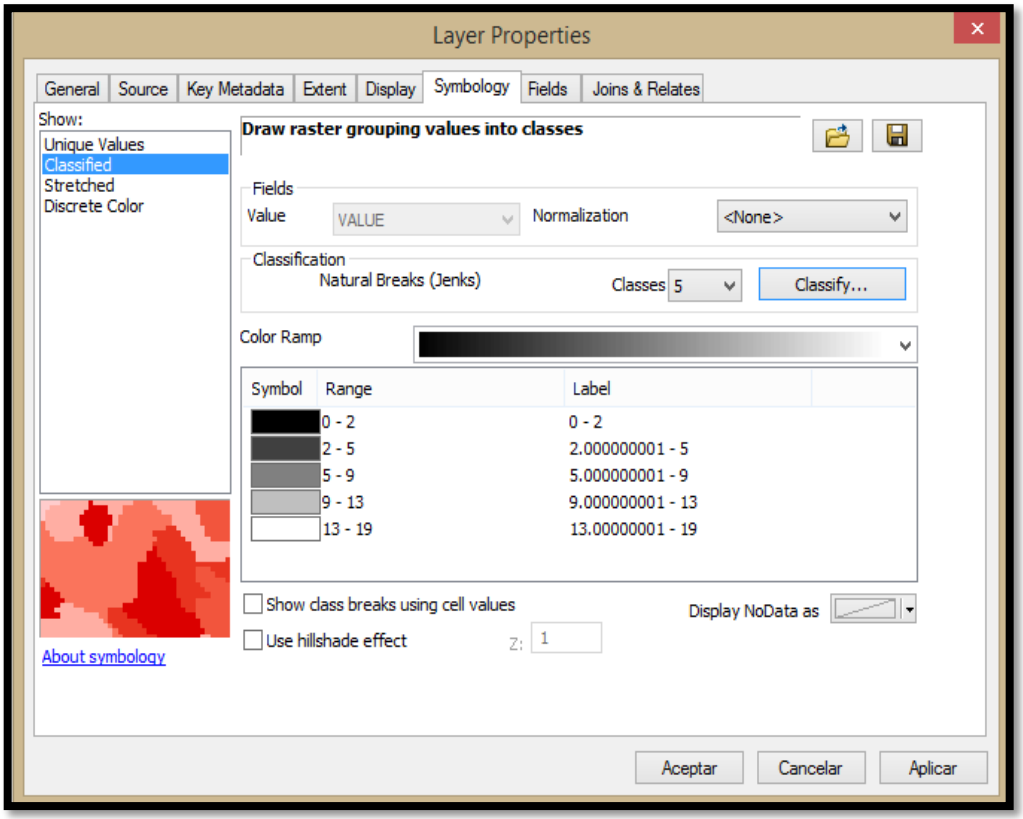


Figura 107. Ventana y parámetros para clasificar los valores de riesgo.

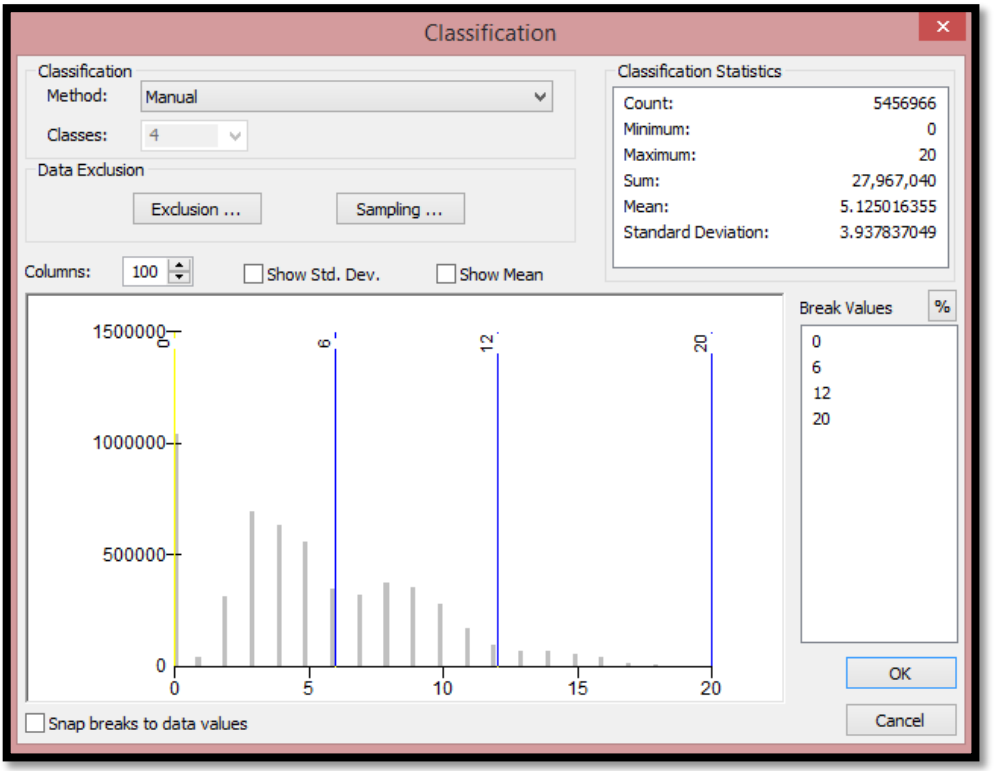


Figura 108. Ventana y parámetros para clasificar los valores de riesgo.

A continuación se muestra el ejemplo del mapa de riesgo reclasificado (Figura 109).

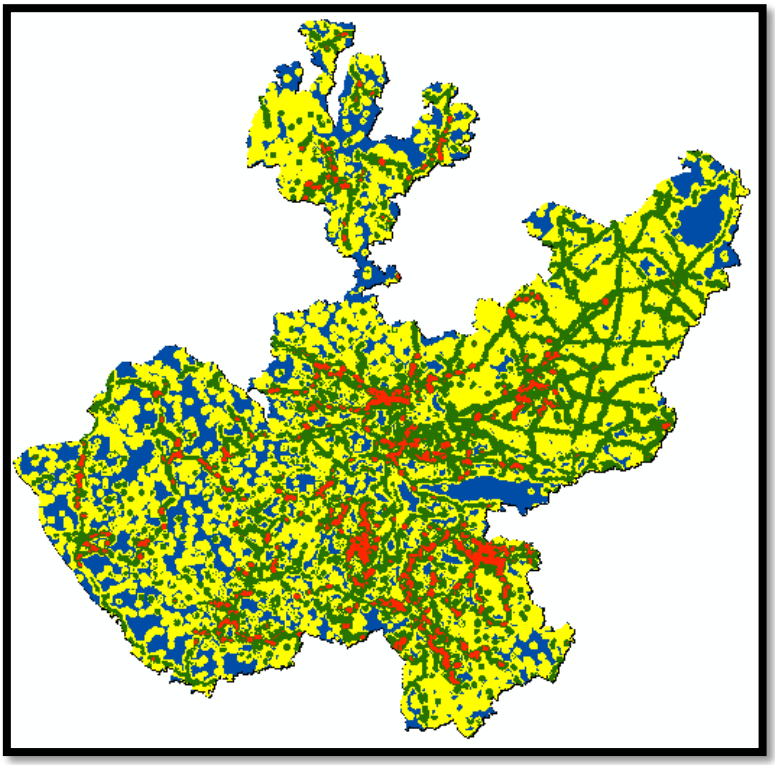


Figura 109. Ilustración del mapa de riesgo con sus diferentes niveles.

5.6.5. Estructuración del modelo

Se refiere a la integración de las seis variables tales como: localidad por proximidad, localidad por número de habitantes, vías de comunicación por proximidad, el tipo de vía, la ocurrencia de incendios por proximidad y las causas de incendios (Figura 110).



Figura 110. Estructura del modelo secuencial para riesgo de incendio forestal.

Es importante señalar la ruta de donde guarda la información, además de los geo procesos y el modelbuilder desde el disco local ***(C)*** de la computadora, pese a que en la mayoría de los casos esta información se comparte en otros equipos de cómputo. Por lo tanto, la aplicación seguirá funcionando siempre y cuando no se le modifique la ruta de almacenamiento.

6. ESCALA DE RESULTADOS

Para el presente manual de análisis de riesgo de incendio forestal. La generación de mapas temáticos correspondientes. Se podrá hacer a diferentes escalas. Para lo cual se debe tener en cuenta que esto, está condicionado a la escala de la información en que se orienta.

De esta forma los mapas que se generaran a nivel nacional, no pueden ser usados para tomar decisiones por su tamaño de escala pequeña, ya que su representación cartográfica presenta poco el detalle.

Para los mapas de riesgos de incendios a nivel estatal y municipal, se manejan escalas medianas o grandes, por su dimensión y representación geográfica. Teniendo como objetivo la ubicación más precisa de las zonas con mayor prioridad de riesgo (Figura 111).

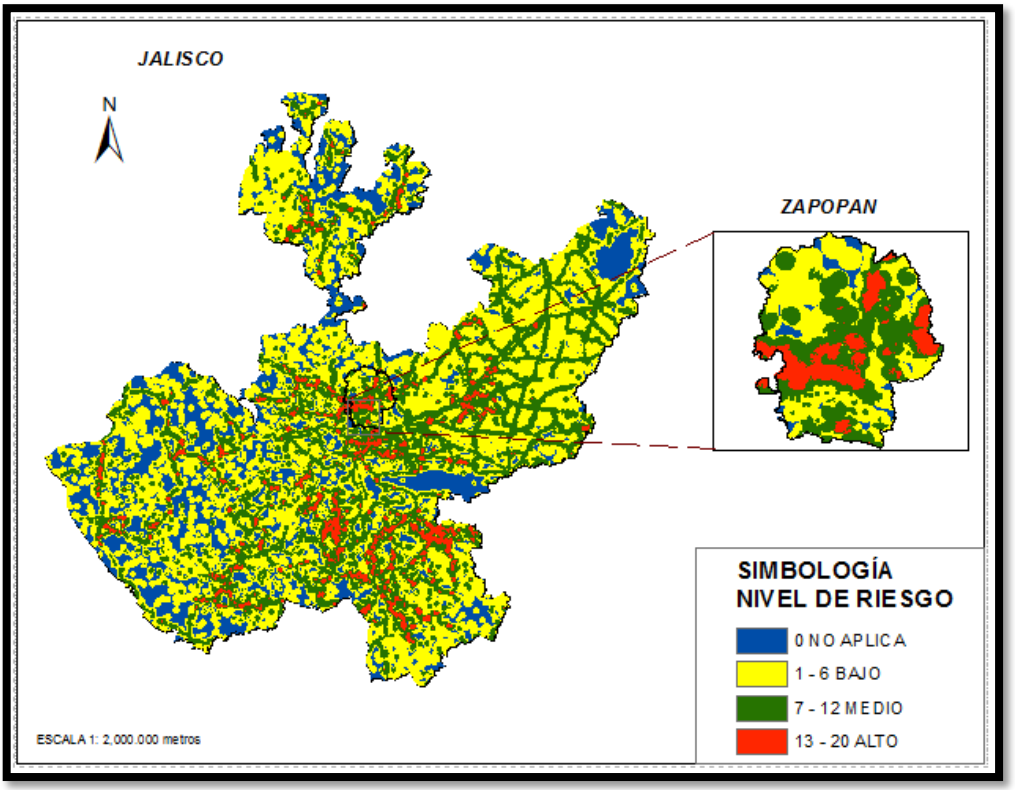


Figura 111. Mapa de riesgo de incendios forestales y su representación a diferentes escalas geográfica.

7. CONSIDERACIONES

1.- Para el desarrollo del presente libro se recabaron y utilizaron datos accesibles para el proceso que se llevó en la plataforma ArcGis, como el empleo de las bases de datos en formato shapefile y formato raster, así como las técnicas de análisis para cada uno de los criterios que determinan el riesgo de incendios forestal en el país.

2.- Para el uso de los procesos de este libro, se debe tener conocimiento básico del manejo de sistemas de información geográfica.

3.- La información georreferenciada (cartografía) generada bajo esta metodología, puede ser usada para la toma de decisiones en la priorización de áreas de incendios forestales. Por lo que se pretende en él, como un instrumento para generar estrategias de control y combate de dichas áreas, de tal forma que los recursos humanos destinados para labores de control y combate pueden ser dirigidos a las áreas.

4.- Actualmente el INIFAP está desarrollando aplicaciones, para ArcGis que permitan la generación de cartografía de riesgo de incendios forestales en forma más directa. Con lo cual se pretende que se amplié el número de usuarios.

5.- La elaboración del presente libro, permite generar conocimiento sobre la distribución de áreas de riesgo de incendios forestales a nivel estatal y municipal.

8. GLOSARIO

Algebra de mapas.- Es un lenguaje diseñado específicamente para sistemas geográficos basados en celdas. El lenguaje permite al usuario ordenar sus pensamientos y ofrece las reglas y sintaxis necesaria para que el usuario se pueda comunicar con el computador.

Almacenamiento.- Espacio físico, la acción de colocar datos en algún dispositivo.

Áreas.- Parte de una superficie, medida de su tamaño en unidades de distancia al cuadrado.

Base de datos.- Conjunto de datos estructurado para permitir su almacenamiento, consulta y actualización en un sistema informático.

Buffer.- Es una de las herramientas más básicas de ArcGis, permite crear áreas de influencia en formato polígono en torno a puntos, líneas o polígonos.

Caminos.- Se refiere a las vías que se construyen para permitir el desplazamiento de personas, vehículos y mercancías. La cuales se clasifican de varios tipos: carretera pavimentada, terracería, vereda, brecha, vía del ferrocarril y senderos.

Cartografía.- Conjunto de técnicas utilizadas para la construcción de mapas.

Clasificación (Select).- Proceso de agrupamiento de un conjunto de elementos en clases.

Coordenadas.- Cantidad usada para definir una posición en un sistema de referencia.

Incendio Forestal.- Es el fuego que se extiende sin control en terreno forestal o silvestre, afectando a combustibles vegetales, flora y fauna.

Geo Procesamiento.- Manipulación y análisis de la información con referencia geográfica.

Información.- Es un conjunto de datos que al relacionarse adquieren sentido o un valor de contexto o de cambio.

Interface.- Una frontera compartida. Puede ser una componente de hardware o porción de almacenamiento de acceso por dos o más programas de cómputo.

Localidad.- Es una división territorial o administrativa genérica para cualquier núcleo de población con identidad propia. Puede ser tanto un núcleo de pequeño tamaño y pocos habitantes (aldea, pueblo) como un núcleo de gran tamaño y muy poblado (ciudad).

Línea.- Objeto geométrico representado por una sucesión de puntos.

Merge.- Permite fusionar uno o más archivos vectoriales, para conformar una sola entidad.

ModelBuilder.- Es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geo procesamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada.

Mosaic to New Raster.- Se refiere a la unión de uno o dos raster desde una sola entidad.

Multi Buffer Ring.- Permite crear varias zonas de influencia a distancias especificadas alrededor de las entidades de entrada. Esta herramienta evita que los *buffer* se solapen creando anillos concéntricos, permitiendo crear intervalos entre los *buffer.*

Pixel.- Cada elemento discreto en los que se divide una imagen digital.

Plataforma.- Genéricamente, cualquier medio en el cual se visualizan datos.

Polígono.- Figura geométrica plana formada por, al menos, un anillo externo.

Ponderación.- Es una medida de tendencia central que es conveniente cuando un conjunto de datos tiene un valor correspondiente con respecto a los demás datos.

Proyección.- Conjunto de transformaciones métricas definidas para representar la superficie de la Tierra sobre un plano.

Proximidad.- Circunstancia de estar a poca distancia de un punto que se toma como referencia en el espacio o en el tiempo.

Punto.- Objeto de área nula representado por sus coordenadas.

Raster.- Modelo de datos en el que la realidad se representa mediante teselas elementales que forman un mosaico regular.

Rasterizar (Polygon to Raster).- Transformación de una estructura vectorial en un raster.

Reclasificación.- Se refiere al cambio de valores de las celdas a valores alternativos mediante diversos métodos.

Riesgo.- Pérdidas esperadas de los elementos vulnerables ante la ocurrencia de un fenómeno determinado.

Sistemas de Información Geográfica.- Sistema de gestión de bases de datos (SGBD) con herramientas específicas para el manejo de información espacial y sus propiedades.

Sistema de Coordenadas.- Marco de referencia espacial que permite la definición de localizaciones mediante coordenadas.

Tabla de correspondencia.- Tabla donde se establece una relación de correspondencia entre rangos de un atributo y valores equivalentes.

Transformación.- Proceso de conversión de coordenadas desde un sistema cartesiano a otro.

Vectorial o Shapefile.- Conjunto de datos geométricos representados en forma de líneas, puntos y polígonos.

9. AGRADECIMIENTO

El presente trabajo se desarrolló dentro del proyecto denominado “Validación científica de la Metodología de evaluación de Áreas Prioritarias de protección contra Incendios Forestales” (clave 251415) que corresponde a la convocatoria C02-2014 Demanda: 2-C02-2014, apoyado por el Fondo Sectorial para la Investigación, Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal CONACYT-CONAFOR. Por lo que se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) por el apoyo brindado a este proyecto.

10. LITERATURA CITADA

Albacete J., A.S.; y Mauro G., F. 2010. Metodología para procesar datos LiDAR con ArcGis Desktop 10. Universidad Complutense de Madrid. 1 p.

Alpapa A., J.A.; Ardila F., A.F.; Montenegro A., L.S.; 2015. Herramientas SIG para caracterizar la actividad volcánica del Volcán Nevado de Huila (1996-2013). Universidad de Manizales. 42 p.

Blanco., J.; García., D.; Castelinou., M.; Molina., D. Grillo F., Pous E. 2008. Curso básico de incendios forestales. Universitat de Lleida. 86 p.

Blas M., R.; y Masot N., A. 2008. Mapa de riesgo de incendios forestales de la provincia de Cáceres, España. 493-494 p.

Casillas H., C.X.; y Romero N.M. 2012. Análisis de la transición forestal en la región Usumacinta México. 99 p.

CCMSS. 2012. Estado de los bosques de México. Consejo Civil Mexicano Para la Silvicultura Sostenible A.C. México D.F. 217 p.

CONABIO, 2015. Bosques Templados. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Disponible en: http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado.html. Fecha de consulta: 14 de agosto del 2015.

CONAFOR, 2010. Procedimiento para la elaboración de un mapa de áreas de atención prioritaria contra incendios forestales. Comisión Nacional Forestal. México 4 p.

CONAFOR, 2013. Incendios forestales en México temporada 2013. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/4339Campa%C3%B1a%20de%20contra%20incendios%202013.pdf Fecha de consulta: 02/05/2016.

CONAFOR, 2014. Procedimiento para establecer áreas prioritarias de protección contra incendios forestales de la región noreste. Comisión Nacional Forestal. México. 13 p.

CONAFOR, 2015. Incendios. Disponible en: http://www.conafor.gob.mx/web/temas- forestales/incendios/ Fecha de consulta: 02/05/2016.

Corvalán V., P. y Hernández P., J. 1999. Predicción del diámetro normal de individuos de pino insigne usando atributos locales de imágenes aéreas digitales. 2-14 p.

Domínguez F., M.C. 2013. Ubicación de un hotel con encanto en el municipio de Alcoy, España. Disponible en: http://personales.upv.es/almofue/postgrado/Practica_Final_COAM 02.pdf fecha de consulta: 09/06/2016.

Dorrego X. y Álvarez G. 2009. Teledetección y sig en la gestión de los incendios forestales en Galicia. España. 297-300 p.

ESRI, 2012. ¿Qué es model builder?. Disponible en: http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/na/0 09t00000002000000/ Fecha de consulta: 04/05/2016.

ESRI, 2016. ARCGIS Pro. Disponible en: https://pro.arcgis.com/es/pro-app/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/what-is-modelbuilder-.htm fecha de consulta: 15/06/2016.

Eydel., J.; Rainer., L.; Garea., E. 2011. Hacia métodos de análisis de datos espaciales raster en el nivel semántico. La Habana, Cuba. 97 p.

FAO, 2016. Modelo y su uso. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/w7452s/w7452s01.htm Fecha de consulta: 06/05/2016.

Fernández G., M. 2012. Ejemplos de aplicación de ModelBuilder de ArcGIS 10 en la gestión forestal. Asturias, España 5-12 pp.

Flórez F., H.A. 2009. Procesos de ingeniería de software. Bogotá, Colombia. 1 p.

Gayoso, J.; y Alarcón, D. 1999. Guía de conservación de suelos forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 20-23 p.

Gallardo I., A.; Bernad B., D.; Bovea E., M.D.; Colomer M., F.J.; Carlos A., M. 2010. Diseño de una herramienta SIG para la recogida selectiva de residuos urbanos. 1026 p.

Guillermo S., E. s/f. Aplicación de los SIG como herramienta de análisis de la biomasa forestal y propuesta de instalación de planta térmica de biomasa para la distribución de ACS y calefacción en arriondas (Parres, Asturias). Disponible en: http://www-cpsv.upc.es/tesines/presentaciosig15_soto.pdf fecha de consulta: 09/06/2016.

Guzmán T., G. y Rodríguez M., A.M. 2008. Modelos de riesgo y vulnerabilidad a incendios forestales, a partir de condiciones naturales y antrópicas; caso de estudio Parque Nacional Tunari. Bolivia. 8-14 p.

INEGI, 2011. Documento técnico descriptivo carreteras y vialidades "Localidad". Disponible en: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/doc/doctecdconjcve1.pdf Fecha de consulta: 07/05/2016.

INFOCA, 2015. V Análisis de riesgo. Junta de Andalucía. Pp. 86-115.

Instituto Territorial del Estado de Jalisco. 2013. Jalisco cuarto Estado en número de incendios forestales a nivel nacional y el séptimo en superficie siniestrada. 1 p.

Julio A., G. 1990. Diseño de índices de riesgo de incendios forestales para Chile. Revista Bosque. 59-61 p.

Julio A., G. 2000. Diagnóstico y propuesta de lineamientos estratégicos en el manejo del fuego para el estado de Jalisco. 20 p.

López S., M.A. 2008. Plan de Protección Contra Incendios Forestales para la comuna de Paillaco, Región de los Ríos. Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al Título de Ingeniero Forestal. Facultad Austral de Chile. 66 p.

Lozano C., O. 2010. Localización de áreas prioritarias de actuación para la ubicación de cortafuegos usando software libre GIS: gvSIG, SEXTANTE y PostGIS. Cataluña, España. 55 p.

MappingGIS, 2016. ModelBuilder o Phyton. Disponible en: http://mappinggis.com/2015/06/model-builder-o-python/ fecha de consulta: 09/06/2016.

Miranda S., R. 2004. Determinación de las áreas de riesgos a incendios forestales del parque ecológico Chipinque, Nuevo León. Monterrey, Nuevo León 97-101 pp.

Muñoz R., C.A. 2001. Elaboración de un Modelo Espacial de Peligro de Incendios Forestales. Tesis de Maestría. Subdirección de Postgrado.

Neri P., A.C.; Rodríguez T., D.A. y Contreras A., R. 2009. Inflamabilidad de combustibles forestales en las selvas de Calakmul, Campeche. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 121-132 p.

Navarro H., S. 2008. Clasificación funcional de carreteras. Disponible en: https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/clasificacion-funcional-de- carreteras.pdf fecha de consulta: 09/06/2016.

Pedernera A., P. y Castillo S., M. S/A. Vigencia del índice de riesgo de incendios forestales. Universidad de Chile. 1-12 p.

Puerta T., R., Rengifo T., J. y Bravo M., N. 2011. ArcGIS Básico 10. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo-María, Perú. 8-15 pp.

Prezi inc. 2016. Model Builder. Disponible en: https://prezi.com/cmgyotd-p_yb/model- builder/ fecha de consulta: 15/06/2016.

PRODEFO, 2000. Diagnóstico y propuesta de lineamientos estratégicos en el manejo del fuego para el estado de Jalisco. Programa de Desarrollo Forestal de Jalisco. 17 p.

Rodríguez M., A. 2012. Cartografía multi temporal de quemas e incendios forestales en Bolivia: Detección y validación post-incendio. Departamento de cambio climático. 53-60 p.

Rodríguez T., D.A., Tchikoué H., Cíntoura G. C., Contreras A. R. y de la Rosa V. A. 2011. Modelaje del peligro de incendio forestal en zonas afectadas por el huracán Dean. Agrociencia. 45: 593-608 pp.

Salcedo C., J. 2014. Análisis SIG con Model Builder. Disponible en: http://es.slideshare.net/JuanSalcedo1/anlisis-sig-con-model-builder fecha de consulta: 15/06/2016.

Sánchez M.A.; Fernández A.A; Illera P. 1999. Los sistemas de información geográfica en la gestión forestal. España. 96 p.

SEMADET, 2015. Incendios forestales. Jalisco, México. Disponible en: http://incendios.semadet.jalisco.gob.mx/conceptos fecha de consulta: 09/06/2016.

SIGnatura, 2014. Model Builder Sextante (gvSIG, QGIS). Disponible en: https://signatura21.wordpress.com/2014/11/13/model-builder-sextante-gvsig-qgis/ fecha de consulta: 15/06/2016.

TIC GIS soluciones integrales S.L. 2015. Generación de herramientas mediante ModelBuilder en ArcGis. Disponible en: http://www.cursosgis.com/index.php/blog-cursosgis/142-generacion-

de-herramientas-mediante-model-builder-de-arcgis.html fecha de consulta: 09/06/2016.

Verdín P., G., Márquez L., M.A., Cortés O., A. y Salmerón M., M. 2013. Análisis espacio-temporal de la ocurrencia de incendios forestales en Durango, México. Instituto de Ecología, México. 37-40 p.

Villers R., L. y López B., J. 2002. Comportamiento del fuego y evaluación del riesgo por incendios en las áreas forestales de México: Un Estudio en el Volcán la Malinche. Centro de Ciencias de la Atmósfera e Instituto de Geografía, UNAM. 57-74 p.

Zújar O., J.; Francoso A.; Márquez P., J.I.; Sánchez R., J. y Fraile J., E. 2010. Gestión e integración de datos altimétricos y batimétricos en la costa andaluza: uso del “Model Builder”. 956-959 p.

COORDINADORES DE LA INFORMACIÓN

Dr. José Antonio Rentería Flores

Dr. Gerardo Salazar Gutiérrez

M.C. Ramón Hernández Virgen

EDICIÓN

Biol. Diana Gabriela Vega Montes de Oca

Dr. José Germán Flores Garnica

Biol. Hector Javier Leal Aguayo

REVISIÓN TÉCNICA

M.C. Álvaro Chávez Durán

M.C. Jaqueline Xelhuantzi Carmona

FOTOGRAFÍAS

Dr. José Germán Flores Garnica

FORMACIÓN Y DISEÑO

CODIGO INIFAP

MX-

Instituto de Investigación Forestal Agrícolas y Pecuarios

MC. Ramón Hernández Virgen
Jefe de Campo
Lic. Sandra Lucia Vega Íñiguez
Jefe Administrativo

Personal Investigador del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco

Biol. Ivone Alemán de la Torre	Maíz
M.C. Luis Eduardo Arias Chávez	Leche
Dr. Juan de Dios Benavides Solorio	Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales
M.C. Álvaro Agustín Chávez Durán	Incendios Forestales
Dra. Celia de la Mora Orozco	Manejo Integral de Cuencas
M.C. Gerardo Dominguez Araújo	Carne de Cerdo
M.C. Eliab Estrada Cortes	Leche
Dr. José Germán Flores Garnica	Incendios Forestales
Dr. Hugo Ernesto Flores López	Manejo Integral de Cuencas
M.C. Alberto Jorge Galindo Barboza	Carne de Cerdo
M.C. Javier Ireta Moreno	Trigo y Avena
M.C. Alejandro Ledesma Miramontes	Maíz
M.C. David Liceaga Rivera	Carne de Rumiantes
Dr. Miguel Luna Luna	Pastizales y Cultivos Forrajeros
M.C. David Arturo Moreno González	Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales
Dr. Juan Francisco Pérez Domínguez	Hortalizas
Dr. José Luis Ramírez Díaz	Maíz
Biol. Gabriela Ramírez Ojeda	Agrometeorología y Modelaje
M.C. Ernesto Alonso Rubio Camacho	Manejo Forestal Sustentable y Servicios Ambientales
Dr. Agustín Rueda Sánchez	Plantaciones y Sistemas Agroforestales
Dr. José Ariel Ruiz Corral	Agrometeorología y Modelaje
M.C. Santiago Ruiz Ramírez	Maíz

M.C. José Martín Ruvalcaba Gómez	Leche
Dra. Yolanda Salinas Moreno	Maíz
M.C. Mario Antonio Vega Loera	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Ing. Jorge Humberto Villarreal Rodas	Leche
M.C. Fernando Villaseñor González	Leche
M.C. Jaqueline Xelhuantzi Carmona	Incendios Forestales

Esta Publicación se terminó de imprimir
en el mes de Julio del 2016
en los talleres Gráficos de Prometeo Editores S.A. de C.V.
Libertad 1457, Col Americana, Guadalajara, Jalisco
C.P. 44160. Tel (33) 3826-2726
E-mail: Prometeoeditores@prodigy.net.mx

Su tiraje consta de 200 ejemplares
Impreso en México

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Centros Nacionales de investigación Disciplinaria, Centros de Investigación Regional y Campos Experimentales



Sede de Centro de Investigación Regional

Centro Nacional de Investigación Disciplinaria

Campo Experimental

WWW.INIFAP.GOB.MX

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

inifap
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias