

# Informe de Progreso Técnico y Financiero

## *Digitalización de Ecosistemas Terrestres de México*



*Preparado por: María de Jesús Ordóñez*

9/febrero/2010

## **1. Resumen Ejecutivo**

El objetivo del presente proyecto es el de revisar cinco clasificaciones de la cobertura vegetal de México, las cuales son: Los tipos de vegetación de México de Miranda y Hernández X., la vegetación de México de Rzedowski, la Carta de cobertura vegetal y uso del suelo de INEGI en dos versiones 1980 y 2000 y las zonas ecológicas de México de Toledo y Ordóñez.

Dado que la base de datos de IABIN se basa en el sistema de clasificación bioclimática propuesta por Rivas Martínez (2004). Se considero importante entender la clasificación ya mencionada y aplicarla en primera instancia en las clasificaciones más amplias y generales, éstas resultaron ser las de zonificación ecológica de México de Toledo y Ordóñez (1996) y el de la Vegetación de México de Rzedowski (1978). Se realizaron varios talleres con el fin de lograr la integración del equipo de trabajo y elaborar conjuntamente una estrategia de recopilación, adquisición, procesamiento y validación de la información cartográfica, climática y de vegetación necesaria para su análisis e interpretación para la base de datos de IABIN

Se presentan los resultados obtenidos en el procesamiento de dos clasificaciones, la de Toledo y Ordóñez (1996) y la de Rzedowski (1978). La información cartográfica se presenta en formato jpg y la información de la base de datos de IABIN se presenta en hojas de calculo de Excel, esto se debe a que esta información se encuentra en proceso de validación para que solo información ya validada sea incorporada a la base de datos de IABIN.

## **2. Resultados de los productos programados y alcances del proyecto**

- a. Integración del equipo de trabajo
  - a. Organización y realización de tres talleres de integración del equipo, discusión de metodología a seguir y elaboración de estrategia para dar cumplimiento a las metas propuestas a IABIN.
  - b. Obtención de lista de estaciones climáticas representativas de cada zona ecológica y tipo de vegetación
  - c. Análisis y procesamiento de información climática
  - d. Elaboración del mapa de distribución de estaciones climatológicas de México
  - e. Análisis y procesamiento de información sobre cobertura vegetal de México
  - f. Caracterización climática de las zonas ecológicas de México y de los tipos de vegetación de Rzedowski, aplicando la propuesta bioclimática de Rivas Martínez a nivel general.
  - g. Análisis de las clasificaciones de Toledo y Ordóñez y la de Rzedowski para su traducción al formato de llenado de IABIN.
  - h. Elaboración de los mapas de zonas ecológicas de Toledo y Ordóñez y los de los tipos de vegetación de México de Rzedowski

### **3. Metodología empleada y actividades llevadas a cabo para alcanzar los productos programados**

**3.1** El presente proyecto se inició con la integración de un equipo de trabajo. Se contrataron a cinco personas para realizar las siguientes actividades: recopilación y adquisición de material cartográfico, climático y de vegetación; análisis, procesamiento, captura y validación de información digital, en diferentes bases de datos, climática, vegetal y cartográfica.

Se organizaron tres talleres en los que se realizó una detallada revisión de la propuesta de clasificación bioclimática de Rivas Martínez, empleada en la base de datos de IABIN. Se elaboró una estrategia de obtención y procesamiento de información climática del país. Se adquirió la información cartográfica de los temas topografía, geología, suelo, clima y vegetación, en formato digital publicada por INEGI. Se obtuvieron los mapas de vegetación de México de Redowski (1978) y las zonas ecológicas de México de Toledo y Ordóñez (1996) elaborados por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

El primer taller se enfocó en la integración y presentación del proyecto para que los integrantes conocieran los objetivos del proyecto, las metas y alcances propuestos, así como el formato de la base de datos de IABIN.

El segundo taller se centró en el análisis y forma de llenado del formato IABIN, así como en el diseño de una estrategia de validación de la información climática y su cruce con la cartografía temática y los mapas de cobertura vegetal de las dos primeras clasificaciones a procesar.

En el tercer taller se mostraron los resultados obtenidos en el procesamiento de la clasificación de las zonas ecológicas de Toledo y Ordóñez, con el fin de crear un lenguaje común y tener un claro entendimiento de los objetivos del proyecto y de los productos a entregar con un alto nivel de confiabilidad.

Una vez establecido el equipo de trabajo se procedió a procesar la información climática, cartográfica y de las clasificaciones de vegetación de Toledo y Ordóñez y de Rzedowski.

#### **3.2 Procesamiento de información climática**

Obtención y procesamiento de la información climatológica.

En México, se han establecido 3000 puntos de observación y toma de datos climáticos, sin embargo, las condiciones de las estaciones climatológicas varían ampliamente. Existen estaciones en muy buen estado que proporcionan información de acceso inmediato, por otro lado, también se cuenta con

estaciones que se encuentran en muy mal estado o cuya información no es de acceso inmediato.

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) en México esta representada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) organismo que depende de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual forma parte de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y tiene, entre sus funciones, el de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local; concentrar, revisar, depurar y ordenar la información climatológica nacional para generar el Banco Nacional de Datos Climatológicos.

En México, la información climática oficial, es la operada por el SMN, en el sistema Clima Computarizado (CLICOM). Esta base de datos contiene la información registrada en la red de estaciones climatológicas convencionales. La información de CLICOM no esta actualizada básicamente por la dificultad de acceso a los datos en papel y el retraso en el proceso de digitalización de la información para su consulta por el público, en general.

Para el presente proyecto se solicitó al SMN los datos climatológicos más actualizados, en formato digital, almacenados en CLICOM, los cuales correspondieron al 31 de agosto de 2009. Una vez obtenidos estos datos, se procedió a la revisión del número de años de información registrada por cada estación para los siguientes parámetros: temperatura máxima, mínima, media y precipitación a nivel diario.

De acuerdo con las sugerencias emitidas por la OMM (1994), se seleccionaron aquellas estaciones que tuvieran más de treinta años con información de precipitación, éstas se procesaron en una hoja de cálculo (Excel) y se obtuvieron los promedios mensuales, para ello sólo se consideraron aquellos meses que tuvieran un mínimo de 25 días de registro para cada mes y por lo menos 10 meses dentro de cada año y más de 30 años continuos.

Para las estaciones con 30 o más años de antigüedad se revisaron y depuraron los datos proporcionados por la base CLICOM. Adicionalmente, a los datos mensuales obtenidos de las estaciones seleccionadas, se les aplicaron pruebas de homogeneidad, para poder detectar errores aislados, saltos en la serie o derivas graduales en la serie, entre otros (Guijarro, 2004).

Se aplicaron pruebas de aleatoriedad de Kolmogorov-Smirnov y de regresión lineal (Stepanek, 2003); prueba de aleatoriedad de coeficiente de correlación serial de Von Neumann (Bartels, 1982), además de la estadística de Mann-Kendall (U.S. Army Corps of Engineers, 2005); también se calculó el coeficiente de varianza, el promedio aritmético, desviación estándar, la mediana, 1er y 3er cuartiles y; los errores aislados (outliers) y los valores extremos.

Se seleccionaron aquellas estaciones que superaron al menos 2 de las pruebas de homogeneidad aplicadas. Como resultado de este proceso se obtuvieron 1336 estaciones para todo el territorio nacional. De éstas, se eliminaron los registros correspondientes a los promedios estatales quedando un total de 1307 estaciones.

Una vez seleccionadas estas 1307 estaciones se procedió a procesar la información de cada una de ellas para construir los indicadores del sistema de clasificación bioclimático propuesto por Rivas Martínez (2004)

Los indicadores que se han construido son los siguientes:

- **It Índice de termicidad.** Se construye con la suma en décimas de grado de la temperatura media anual, la temperatura media de las mínimas del mes más frío, la temperatura media de las máximas del mes más frío. Pondera la intensidad del frío, que es un factor limitante de la actividad de plantas y comunidades vegetales. La fórmula sería  $(T + m + M) \cdot 10$ .
- **lo Índice ombrotérmico, lod1 Índice ombrotérmico del mes, lod2 Índice ombrotérmico del bimestre, lod3 Índice ombrotérmico del trimestre más secos del año.** El primer índice es la precipitación total anual entre la temperatura media anual por diez, si y solo si no hay temperaturas medias mensuales inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$ .  $lo = (P/T) \cdot 10$ . Los otros indicadores nos dan el mes, el bimestre y el trimestre más secos del año, en ese orden. Se calculan dividiendo la precipitación entre la temperatura media de los respectivos meses, por diez. Sus fórmulas son  $lo = (P/T) \cdot 10$ ,  $lod1 = (Pd1/Td1) \cdot 10$ ,  $lod2 = (Pd2/Td2) \cdot 10$ ,  $lod3 = (Pd3/Td3) \cdot 10$ .
- **Ic Índice de continentalidad simple.** Es la diferencia en  $^{\circ}\text{C}$ , entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío, es el contraste térmico anual.
- **Tp Temperatura positiva anual.** Es la suma en décimas de grado de la temperatura media de los meses con valor superior a cero grados, si fuera el caso de todo el año, se multiplica la temperatura media por doce.
- **P Precipitación media anual.** Es el promedio anual de la precipitación.
- **Pp Precipitación positiva anual.** Es la suma de la precipitación de los meses con temperatura mayor a cero grados C.

### 3.3 Procesamiento de información cartográfica

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) es un órgano autónomo del gobierno mexicano encargado de establecer, normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica del

territorio nacional, el cual cuenta con tres subsistemas nacionales, a saber: de Información Demográfica y Social; de Información Económica y el de Información Geográfica y de medio ambiente.

El Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente es el encargado de generar datos sobre el marco de referencia geodésico; límites costeros; internacionales, estatales y municipales; datos de relieve continental, insular y submarino; datos catastrales, topográficos, de recursos naturales y clima, así como nombres geográficos. A todo el conjunto se le conoce como Infraestructura de Datos Espaciales de México.

Para este proyecto se adquirió la información digital elaborada por INEGI sobre los siguientes temas: fisiografía, topografía, geología, suelo, clima y vegetación y con esta información se tomo como mapa base el límite de la República Mexicana con división estatal.

Objetivos:

1. Sobreponer los mapas de Zonas Ecológicas y tipos de vegetación de México con las estaciones meteorológicas.
2. Cortar cada una las zonas ecológicas y tipos de vegetación con sus respectivas estaciones meteorológicas.
3. Editar cada uno de los mapas obtenidos.

Material:

1. Estaciones meteorológicas. Fuente: CLICOM procesada
2. Mapa de Zonas Ecológicas. CONABIO, 2009. Toledo V.M. y M.J. Ordóñez. 1993.
3. Mapa de tipos de vegetación de Rzedowski, 1978. Fuente CONABIO, 2009
4. Límite estatal. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Ita-Rubio de, L., Escamilla-Herrera, I., García-de León, C. y Soto-Núñez, Ma. C. (1990). "División Política Estatal", I.1.2. Atlas Nacional de México. Vol. I. Escala 1:4000000. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Método

Toda la información se procesó dentro del SIG ArcGIS 9.2. Las estaciones meteorológicas se obtuvieron de la base de datos CLICOM, 2009 y se exportaron a Excel, programa en el cual se genero un archivo en el que se organizaron los datos de las estaciones en formato tabular. Una vez obtenido el archivo de excel, éste se convirtió a formato dbf reconocido como base de datos por los sistemas de información geográfica. El archivo dbf se importó al programa ArcGis 9.2 y se generó el mapa de puntos que muestra la distribución espacial de las estaciones meteorológicas en la República Mexicana. Con este

procedimiento se lograron detectar dos tipos de inconsistencias en la base de datos climáticos, la primera ligada a la clave, nombre y coordenadas de la estación y la segunda relacionada con los datos numéricos registrados en cada estación. Como resultado se eliminaron 23 estaciones más, quedando 1284.

Adicionalmente se obtuvieron los mapas de tipos de vegetación de México propuesto por Rzedowski y las Zonas Ecológicas de México, ambos elaborados por la CONABIO. Para poder sobreponer el mapa de localización de las estaciones meteorológicas con los mapas de zonas ecológica y de vegetación de México, el mapa de las estaciones meteorológicas se reproyectó a los parámetros cartográficos que maneja la CONABIO, los cuales son los siguientes:

```
Projection: Lambert_Conformal_Conic
False_Easting: 2000000.000000
False_Northing: 0.000000
Central_Meridian: -102.000000
Standard_Parallel_1: 17.500000
Standard_Parallel_2: 29.500000
Latitude_Of_Origin: 0.000000
Linear Unit: Meter (1.000000)
Geographic Coordinate System: Custom
Angular Unit: Degree (0.017453292519943299)
Prime Meridian: Greenwich (0.000000000000000000)
Datum: Custom
Spheroid: Clarke_1866
Semimajor Axis: 6378206.400000000400000000
Semiminor Axis: 6356583.799998980900000000
Inverse Flattening: 294.978698200000000000
```

.Del mapa de las zonas ecológicas se generó un mapa para cada una de las zonas. En total son 7: Alpina, Templada húmeda, Templada subhúmeda, Transición mar-tierra, Tropical húmeda, Tropical subhúmeda, Árida y semiárida (no se tomaron en cuenta los cuerpos de agua, y las Zonas Económicas Marítimas del Golfo y del Pacífico); las cuales se utilizaron para hacer el corte de las estaciones meteorológicas correspondientes.

El cuadro uno muestra los resultados obtenidos del cruce del mapa de zonas ecológicas con la base de datos de estaciones climatológicas de la República Mexicana. Es importante señalar que existe una correlación positiva entre la superficie que abarca cada zona ecológica y el número de estaciones climatológicas que contiene, así, la Zona árida y semiárida que se extiende por más del 50% de la superficie del país, concentra el mayor número de estaciones, en tanto que la Zona templada húmeda que cubre 3% del territorio nacional solo cuenta con 28 estaciones. Cabe destacar que para la zona ecológica alpina no se tiene ninguna estación.

Cuadro 1: Relación de Estaciones meteorológicas localizadas en cada zona ecológica de México

Zona Ecológica	Total de estaciones meteorológicas
Templada húmeda	28
Templada subhúmeda	290
Transición mar-tierra	5
Tropical húmeda	130
Tropical subhúmeda	336
Arida y semiárida	495

De la sobreposición de la ubicación geográfica de las estaciones climáticas con el mapa de zonas ecológicas se pudo apreciar su distribución en el territorio nacional. Uno de los resultados más importantes fue descubrir que amplias extensiones del territorio nacional carecen de sitios de muestreo climático, mientras que otras regiones se encuentran muy bien muestreadas.

Cabe señalar que García (2004) realizó modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, el cual reconoce para México la existencia de cuatro grandes grupos climáticos, 13 tipos y más de 70 subtipos. Es la clasificación climática que oficialmente se aplica a todo el país.

La base de datos de IABIN solicita como primer nivel de información la ubicación de la región geográfica a analizar en el mapa de clasificación bioclimática de Rivas Martínez, por lo anterior, se considero importante hacer una selección de las estaciones climáticas que mejor definen el clima de cada zona ecológica y cada tipo de vegetación de México. Hasta el momento se esta procesando esta información dado que de tomarse en cuenta las 1284 estaciones climatológicas seleccionadas de CLICOM, se genera una gran controversia con el sistema de clasificación bioclimática de Rivas Martínez (op. Cit.). Para lo cual es necesario seleccionar a las estaciones más representativas y hacer su equivalencia entre García (2004) y Rivas Martínez (2004).

Se anexan los mapas obtenidos del cruce de cada zona ecológica con sus respectivas estaciones meteorológicas.

### 3.4 Procesamiento de la clasificación de cobertura vegetal

Para México se han desarrollado numerosas clasificaciones de su cobertura vegetal y uso del suelo. Las unidades representadas generalmente corresponden a áreas geográfico-botánicas y a grandes formaciones vegetales.



Para este proyecto se propone revisar las cinco clasificaciones que se aplican a todo el territorio nacional y corresponden a las más ampliamente utilizadas. Las cuales son: Los tipos de vegetación de México de Miranda y Hernández X.(1963); la vegetación de México de Rzedowski (1978), la Carta de cobertura vegetal y uso del suelo de INEGI en dos versiones 1980 y 2000 y las zonas ecológicas de México de Toledo y Ordóñez (1996).

En 1978 Rzedowski publicó el libro “La Vegetación de México”, obra en la que reconoce 4 regiones fitogeográficas y 17 provincias florísticas obtenidas sobre la base de las afinidades geográficas de la flora de diferentes regiones del país, en los coeficientes de similitud establecidos entre floras, el endemismo y la distribución de las plantas vasculares de México. En dicha obra, Rzedowski observa que no existen límites precisos entre provincias, pues los cambios suelen ser graduales, por lo que el trazo es arbitrario y aproximado. Propone una nueva clasificación con diez tipos de vegetación que por la poca información disponible para la vegetación de México, los describe como grandes formaciones vegetales y utiliza el tipo de vegetación como la unidad básica de clasificación.

La propuesta de regionalización ecológica de México, elaborada por Toledo y Ordóñez (1996 y 1998) clasifican los principales ecosistemas de México por zonas ecológicas, agrupan los tipos de vegetación en unidades más amplias y reconocen siete grandes regiones reconocidas al medir básicamente parámetros climáticos, como la temperatura y la precipitación; por su historia biogeográfica, la fisiografía y la altura sobre el nivel del mar.

Dado que el formato estándar de IABIN solicita información detallada sobre geología, fisiografía, edafología, hidrología y provincias biogeográficas, se adquirió la información cartográfica, en formato digital, sobre los temas ya mencionados para todo México, misma que se ha procesado con el fin de estandarizar los parámetros cartográficos de proyección, escala y dátum. Una vez organizada la información, con ayuda de un sistema de información geográfica se procedió a realizar los cruces de la cartografía temática, con los mapas de cobertura vegetal y uso del suelo de las dos clasificaciones con las que se ha iniciado este trabajo. Estos cruces han proporcionado información detallada que solicita el formato IABIN.

Con el fin de validar la información que se incorpore al formato de IABIN, hasta el momento se ha capturado en el programa EXCEL, una vez validada la información ya capturada se ingresara al formato de IABIN.

#### **Bibliografía citada.**

- Bartels, R. 1982. The rank version of von Neumann's ratio test for randomness. Journal of the American Statistical Association, vol.77, pp.40-46.
- Brooks, C. E. P., y Carruthers, N. 1953. Handbook of Statistical Methods in Meteorology. Her Majesty's Stationery Office.

- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Serie Libros, Núm. 6. Instituto de Geografía. UNAM. México. 90 pp
- Guijarro, P. A. J., 2004. Climatol: software libre para la depuración y homogeneización de datos climatológicos. **En:** García, C., Diego L. C., Fernández de A. H. P., Garmendia, P. C. y Rasilla, A. D. (Eds). El clima entre el Mar y la Montaña. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Serie A, No. 4, Santander, España. pp. 493-502.
- Organización Meteorológica Mundial, 1994. Un decenio contra los Desastres Naturales. Monografía. WMO. No. 799, pp. 20, Ginebra, Suiza.
- Stepanek, P. 2003: AnClim. software for time series analysis. Dept. of Geography, Fac. of Natural Sciences, MU, Brno. 1.47 MB.
- U.S. Army Corps of Engineers, 2005. Mann-kendall analysis. appendix d, HydroGeoLogic, Inc. OU-1 Annual Groundwater Monitoring Report. Former Fort Ord, California

#### **4. Lecciones aprendidas, problemas y soluciones viables**

La información climática de las estaciones meteorológicas de México es abundante, sin embargo presenta problemas de inconsistencias en la base de datos climáticos, entre las observadas en este trabajo destacan las inconsistencias ligadas a la clave, nombre y coordenadas de la estación, las relacionadas con los datos numéricos registrados en cada estación, con el retraso en la actualización y proceso de digitalización de la información, así como la disímil antigüedad de los datos continuos y la presencia de datos erróneos.

Por lo anterior se vió la necesidad de contratar a un experto en manejo de información climatológica que proceso los datos procedentes de CLICOM y la organizó y depuro, facilitandonos el trabajo de elaboración de los parámetros solicitados en la propuesta de clasificación bioclimática de Rivas Martínez.

La selección de las estaciones climatológicas ad hoc para cada tipo de vegetación se esta realizando vía la elaboración de una tabla de equivalencias entre la clasificación de García (2004) y rivas Martínez (2004)

En cuanto a la cartografía temática, se ha estandarizado su proyección, escala y datum. Se ha entrado en contacto con la CONABIO pero no hemos tenido respuesta. No sabemos si la CONABIO dara albergue a la información generada en este proyecto o si sera hospedada en la pagina web del propio CRIM.

**5. Fondos de Contrapartida (adjunto el Reporte de gastos de contrapartida en tabla de Excel)**

**6. Reporte Financiero (adjunto el Reporte de gastos en tabla de Excel)**

**7. Anexos**

Siete Archivos excel de procesamiento de las zonas ecológicas propuestas por Toledo y Ordóñez, 1998

Nueve Archivos excel del procesamiento de los tipos de vegetación propuestos por Rzedowski, 1978.

Siete Archivos en formato jpg de distribución de zonas ecológicas de México

Diez Archivos en formato jpg de distribución de tipos de vegetación de México