

Modelos Numéricos

Modelo numérico:

- Usa ed. para representar la atmósfera (descripción)

- Limitantes → ed. no tienen solución analítica

- Escalas → **Macroescala (Sinóptica)** → $\alpha \ll g$ (Conclus despreciable) (Quasi equilibrio hidrostático)
Meso escala → $\alpha \ll g$ (Conclus NO despreciable) (Hidrostático)
Microescala (Local) → α comparable con g (Quasigeostrófico)

- Se basa en el cálculo numérico, refuta o valida teorías, o derivados de estas.

- Núcleo dinámico de los modelos → Ec. primitivas

- Tipos**
- Hidrostáticos
 - No hidrostáticos
 - Baroclínicos
 - Barotrópicos

- Coordenadas**
- Cartesianas
 - Esféricas
 - Cilíndricas
 - Lambertianas

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial z} + f_v - g \frac{\partial z}{\partial x} + F_x \\ \frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - w \frac{\partial v}{\partial z} - f_u - g \frac{\partial z}{\partial y} + F_y \end{cases}$$

Navier - Stokes

Variables fundamentales

$u, v, w, T, p, P,$
 razón de mezcla

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \text{Continuidad}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -u \frac{\partial T}{\partial x} - v \frac{\partial T}{\partial y} - w \left(\frac{\partial T}{\partial p} - \frac{RT}{c_p P} \right) + \frac{H}{c_p} \quad \text{Termodinámica}$$

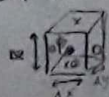
$$\frac{\partial q}{\partial t} = -u \frac{\partial q}{\partial x} - v \frac{\partial q}{\partial y} - w \frac{\partial q}{\partial p} + E - P \quad \text{Conservación de Vapor de Agua}$$

$$\frac{\partial z}{\partial p} = -\frac{RT}{pg} \quad \text{Hidrostática}$$

- Importancia → meteorología basada en ecuaciones físicas.

↳ Prever condiciones atmosféricas

- Componentes:
- Núcleo dinámico
 - Asimilación de datos
 - Malla



- θ, q
- V
- U
- x, w

Tipos de Modelos ~~Numéricos~~ Numéricos (Temporalidad)

- Tiempo → de 1-8 días, a veces 15 días de pronóstico, utiliza ecuaciones mencionados anteriormente (muchas variables)
- Estacionales → 1, 2, ... meses. usan menos variables que los del tiempo, parametrización es resultado, no se da retroalimentación entre resultados
- Clima → 1-100 años. sólo tiene un forzamiento de temperatura. (Variables de temperatura, muy complejas).
- Otros: dependiendo de la Malla, espectrales, no espectrales, Hidrostáticos, No Hidrostáticos, Barotrópicos y Baroclínicos.

Usa λ para cálculo de fenómenos. λ tan grande como fenómeno

Cálculo indirecto del empuje hidrostático, crea primero ΔP luego convergencia y movimiento vertical

Cálculo directo de empuje hidrostático y movimiento vertical

Hidro

Indirecto

1. Gradiente presión horizontal
2. Convergencia
3. Movimiento vertical.

Empuje hidro

NO Hidro

Directo

Empuje hidro
Mov. vertical

Efecto de presión de perturbación contra empuje hidro

No importa

Importa para regular velocidad de corrientes convectivas ascendentes y estructura de nube convectiva, y propagar energía de ondas de gravedad.

Movimiento vertical previo

"

Se propaga.

Acumulación agua

"

Sí.

Resolución

• Horizontal

Frente → 50 km
SCM → 25 km

• Dada por los puntos de grilla que tiene para hacer el cálculo, (cálculos que hace entre punto y punto)

ERA INTERIM 0.75° ENCAR 1.25° SFSR 0.50°
ERA-5 0.25° Japonés 1.25°

• Se interpolan los datos que genera el modelo. pues calcula datos en cada punto de grilla.

~~Modelo físico~~

~~Modelo físico es representación de la realidad con una sola función.~~

~~Modelo físico es representación matemática de la realidad.~~

~~Modelo numérico es un conjunto de ecuaciones para representar la realidad, proceso matemático que usa la información para representar la realidad. Describen la atmósfera.~~

~~El modelo numérico de la atmósfera es el que las E.D. de la atmósfera.~~

~~Modelo~~

• Anidados → se hacen cálculos en resoluciones mayores en las primeras corridas, y ~~se disminuye~~ se disminuye la resolución sucesivamente con las corridas obteniendo una resolución mayor sin usar mucho tiempo computacional.

• Vertical

Theta θ → representa bien gradientes verticales de temperatura (frentes, topopausa)
 ↓
 Isentrópicos → θ con topografía (problemas) ∇ , difícil transformar $\theta \leftrightarrow z$

Sigma $\sigma = \frac{P}{P_s}$ (presión reducida) → Estructura de orografía, representa bien procesos en topografía.
 ↓
 Atmósfera → Mar

↳ ∇ Procesos de advección y zonas de ΔT .

Híbrido - $\sigma(\eta) = (P - P_{top}) / (P_{sfc} - P_{top})$ → ∇ Zonas de gradientes y topo.

↳ Complicado (∇) transformar $z \rightarrow \eta$

↳ ∇ Recurso computacional.

→ Ver cuadro diapositiva 33.

WRF - ARW

DEL TIEMPO DE
MESEDSCALA

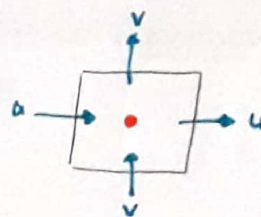
- Núcleo dinámico ARW \rightarrow 5to orden, Runge - Kutta.
- Coord. vertical $p = pgh$ / sigue terreno.
- Mismos niveles verticales en cada punto.
- Normalmente no-hidrostático.

Otros \rightarrow ETA, MM5, WRF NCAR (ARW), WRF EMS (ARW - NMM)

Grillas \rightarrow Manera en como calcula el modelo, dónde calcula

• Arakawa C-Grid \rightarrow Más eficiente

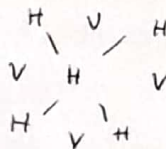
- Variables se definen en el centro de malla. (masa/termo)
- Variables dirección en la frontera. dinámicas



• Arakawa B-Grid \rightarrow Rotada 90° de la C

• Arakawa E-Grid \rightarrow Rotada 45° de la B, Cálculo diagonal

- Termo \rightarrow H, Dirección V



- Icosaedrales \rightarrow muchos polígonos que asimilan una esfera.
 \rightarrow pronósticos más exactos, más recurso computacional.

Parametrizaciones

Microfísica \rightarrow efectos físicos

Son cosas que no se pueden calcular y por eso se parametrizan. Cúmulos \rightarrow convección

Ejemplos. Radiación solar, dispersión, absorción, condensación, turbulencia, nieve, topografía, vegetación, calor sensible, lluvia, etc.

- Esquemas \rightarrow Cúmulos, microfísica, Capa límite Planetaria, Física de la Tierra, Radiación.

Cúmulos

• Predecir precip. convectiva, cambiar estabilidad de la columna atmosf., añadir y redistribuir calor, quitar humedad, crear nubes.

• Resolución de 10km (modelos)

• $\Delta x > 10\text{km}$ \rightarrow parametrización de cúmulos.

• 4-10km \rightarrow ayuda con tormentas de convección más estrecha.

Dependiendo de la inestabilidad en la columna el modelo creará lluvia o no.

Ver diapositivas 53-55

Utiliza la T del sol y sus movimientos para generar convección.

• $\Delta x < 3\text{km}$ \rightarrow menos beneficiosa, tiempo de iniciación más temprano.

• En Alta resolución $\Delta x < 4\text{km}$ \rightarrow demanda de precipitación, precip. directamente en la malla e indirectamente de la parametrización; excepto "Grell 3D".

• Crea ascensos o descensos dependiendo de patrones \rightarrow Radiosondeos.

Más comunes: Kain - Fritsch (KF), Betts - Miller - Tanjic (BMTJ), Grell - Deeryni (Conjunto),

Hechos para latitudes extratropicales.

\rightarrow No genera tanta precipitación como los otros, usa climatologías que da problemas para eventos extremos.

• Cuando pasa que está húmedo - seco

- un poco húmedo \rightarrow Precipitación estratificada con la P.C.

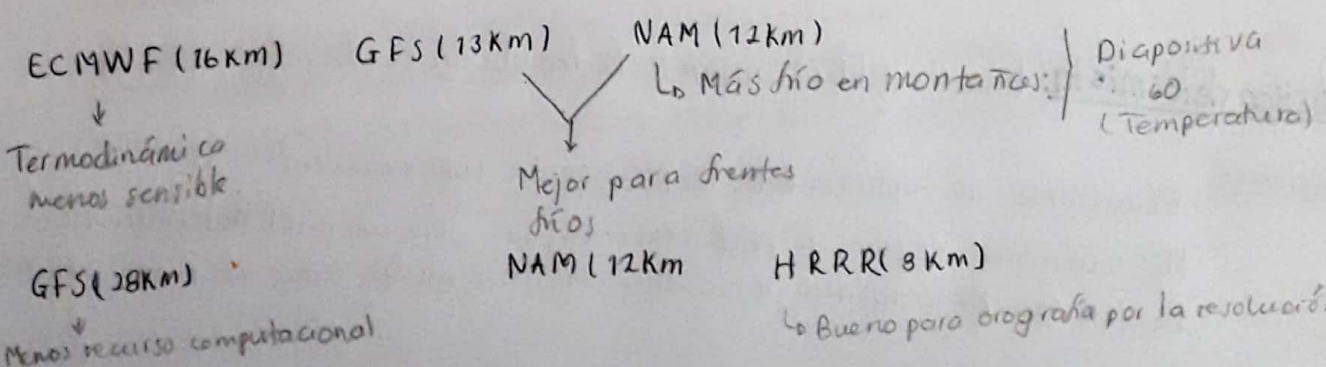
Microfísica

• Generación de la nube y cuánta agua puede generar la precip. Depende de cómo se forma la nube como tal, variables termodinámicas únicamente,

• Trópicos \rightarrow Genera convección (mucho radiación).

Más • Actúa en las fases de las nubes.

Tipos: Simple \rightarrow Kessler, Complejo \rightarrow Lin, Goddard, Ambos \rightarrow WSM, Intermedio \rightarrow Ferrier.



Evento Resolución horizontal.

Ciclón Tropical 10-12 km

Frente frío 250 km

Línea turbonada 50 km

Supercelda 50 km

Tormentas masa aire ~ 13 km.

• Modelo se ajusta dinámicamente no estadísticamente, porque la dinámica es lo que cambia.

• Modelos tienen mayores niveles de confianza en invierno en el H.N. ^U Para el Caribe.

• No funcionan bien en abril por la primavera ^H

• Pronóstico de ensemble: colección de salidas de modelos

• Miembro: solución individual del modelo.

• Control: miembro obtenido del mejor análisis.

• Promedio de ensemble: promedio de los miembros.

• Diferencia: desviación estadística del promedio.

Ensamblajes

Es una colección de ~~dos~~ 2 o más modelos de pronóstico válidos, ~~para~~ y que se verifican para una misma hora. • Tener cuidado con la calidad de los datos.

Errores:

- Condiciones iniciales
- Verificación de análisis
- Dist. de asimilación de datos e imprecisiones de los mismos, etc.

Ventajas:

- Sist. de Pronóst. de ensemble (SPE) → considera naturaleza caótica de la atmósfera y limitantes de la predicción.
 - ↳ Evalúa cuán grande es la incertidumbre.
 - ↳ No estima la probabilidad de verificación de un evento.
- Conociendo un modelo con diferentes condiciones iniciales se puede determinar la mayor o menor probabilidad de que el evento realmente ocurra, con base en el grado de acierto.

Pronóstico determinista: busca establecer causa/efecto basado en condiciones iniciales.

Limitaciones:

- Ecuaciones no capturan todos los procesos atm. (aproximación)
- No solucionan procesos de ~~menor~~ menor escala sobre un nivel determinado.
- Incertidumbre convierte en inicialización, no se miden datos en puntos infinitesimales.

- NCEP → 21 miembros, 2 sectores. (GFS global, SREF regional)
- CE → 50 miembros
- ECMWF y UKMET → ensamble global

Interpretación de ensambles

- FOP → qué tan bueno o malo es el ~~pronóstico~~ pronóstico, continuo o discreto. Tiene promedio, rango y forma. Calcula probabilidad del evento. Implícita en la mayoría de los cálculos.
- Pronóstico numérico del tiempo utiliza climatología, persistencia, pronósticos análogos.

G. Espaguetti:

Ver diapositiva 93

Subjetivo.

- Miembros del ensamble agrupados durante primeras horas.
- Difieren con el paso del tiempo, perturbaciones se hacen mayores.
- Entre más separados, los periodos del pronóstico → mayor incertidumbre.
- Muestra distribución de diferentes miembros en un nivel y contorno.

- Requiere info adicional para buena interpretación, no da visión completa del patrón.
- Muestra todos los miembros, información concisa.

Promedios:

- Agrupan ciertos, identifica, extrae salidas parecidas y deriva productos.
- Miembros del ensamble desviados → Baja confianza.
- agrupados → alta confianza.
- divergen → muy baja confianza.
- Lat. medias y altas buen agrupamiento (68-84 horas).

Promedio y diferencia: Objetivo.

- 2 Dipolos → diferencias temporales entre miembros.
- 1 Núcleo → diferencias de amplitud.



→ GFS → Spaguetti para entender mejor diagramas prom dif.

- Mejor pronóstico porque características previsibles permanecen y las menos previsibles se suavizan.
- Evalúa incertidumbre.
- Verifica mejor después de 84 horas, presentación concisa.
- Variabilidad baja → confianza y probabilidad de verificar altas y al revés.
- Asume distribución normal, malo en comportamiento caótico.
- Probabilidad de que un umbral sea excedido.