

Comisión Interamericana del Atún Tropical  
Inter-American Tropical Tuna Commission



IMPLEMENTACION DE REGLAS DE CONTROL DE EXTRACCION PESQUERA BASADAS EN PUNTOS DE REFERENCIA  
DENTRO DE UN MARCO PROBABILISTICO CONSIDERANDO MULTIPLES HIPOTESIS

Mark N. Maunder, Haikun Xu, Cleridy E. Lennert-Cody, Juan L. Valero, Alexandre Aires-da-Silva, Carolina Minte-Vera

Documento SAC-11 INF-F

11<sup>MA</sup> REUNION COMITÉ CIENTIFICO ASESOR, La Jolla, California (EEUU)

11-15 de Mayo, 2020

Pospuesta hasta fecha aun por determinar

# Contenido de presentación

- Introducción
- Jerarquía de hipótesis y modelos
- Sistema de ponderación
- Distribuciones de probabilidad para cantidades de interés
- Combinación de distribuciones de probabilidad entre modelos
- Presentación de resultados
- Resumen

# Enfoque pragmático de análisis de riesgos

Descrito en SAC-11 INF-F:

- 1. Identificar hipótesis alternativas ('estados de la naturaleza') sobre la dinámica poblacional que abordan los principales problemas en las evaluaciones**
  - YFT: SAC-11-J; BET: SAC-11 INF-F
- 2. Implementar modelos de evaluación de stocks que representen hipótesis alternativas**
  - YFT: SAC-11-07; BET: SAC-11-06
- 3. Asignar pesos relativos a cada hipótesis (modelo)**
  - YFT: SAC-11 INF-J; BET: SAC-11 INF-F
- 4. Calcular distribuciones de probabilidad combinadas para cantidades de ordenación utilizando ponderaciones relativas de los modelos**
  - SAC-11-08

# Introducción: Por qué se necesita un análisis de riesgo

- Las evaluaciones de poblaciones son inciertas
- La RCE para atunes tropicales (Resolución CIAT C-16-02) aborda la incertidumbre a través de declaraciones de probabilidad
  - “Si la probabilidad de que  $F$  rebase el punto de referencia limite ( $F_{LÍMITE}$ ) es mayor que el 10%, se establecerán en cuanto sea práctico medidas de ordenación que tengan una probabilidad de al menos 50% de reducir  $F$  al nivel objetivo ( $F_{RMS}$ ) o menos, y una probabilidad de menos de 10% de que  $F$  rebase  $F_{LÍMITE}$ .”
- Se evalúan las siguientes probabilidades
  - Estado actual en relación a los puntos de referencia
  - Estado bajo diferentes medidas de ordenación
- Transición de evaluación de único caso base a conjunto de modelos de referencia

# Introducción: Concepto principal

- Un marco estadístico riguroso no es aplicable
  - Múltiples supuestos de modelo son posibles
  - Los modelos de evaluación de poblaciones son complejos y altamente parametrizados
  - Los modelos están mal especificados
  - La variación del proceso se ignora
  - Los datos no se ponderan adecuadamente
- Los datos no deben utilizarse únicamente para ponderar los modelos

# Introducción: Características principales

1. Hipótesis desarrolladas para abordar problemas
2. Hipótesis representadas por modelos de evaluación de poblaciones
3. Las hipótesis se agrupan en un marco jerárquico
  - Evita que cualquier hipótesis domine
  - Facilita el desarrollo de modelos y sus ponderaciones
4. Las sub-hipótesis representan modelos con parámetros que no se pueden estimar de forma fiable
5. Múltiples métricas para evaluar la plausibilidad de las hipótesis
6. El ajuste del modelo sólo desempeña un papel limitado
7. Enfoque eficiente para eliminar hipótesis poco probables

# Introducción: incertidumbre en evaluación poblacional

- Incertidumbre de parámetros
  - Práctica estándar en la evaluación de poblaciones
  - Intervalos de confianza en cantidades de interés
- Incertidumbre de la estructura del modelo
  - Análisis de sensibilidad
  - Múltiples modelos
  - Combinar modelos
  - Ponderación de modelos
- Incertidumbre sobre el futuro (por ejemplo, variación de procesos)
  - Por ejemplo, variación de reclutamiento
  - Aún no se ha implementado
  - No se pueden evaluar los puntos de referencia de biomasa

# Introducción: 5 pasos principales

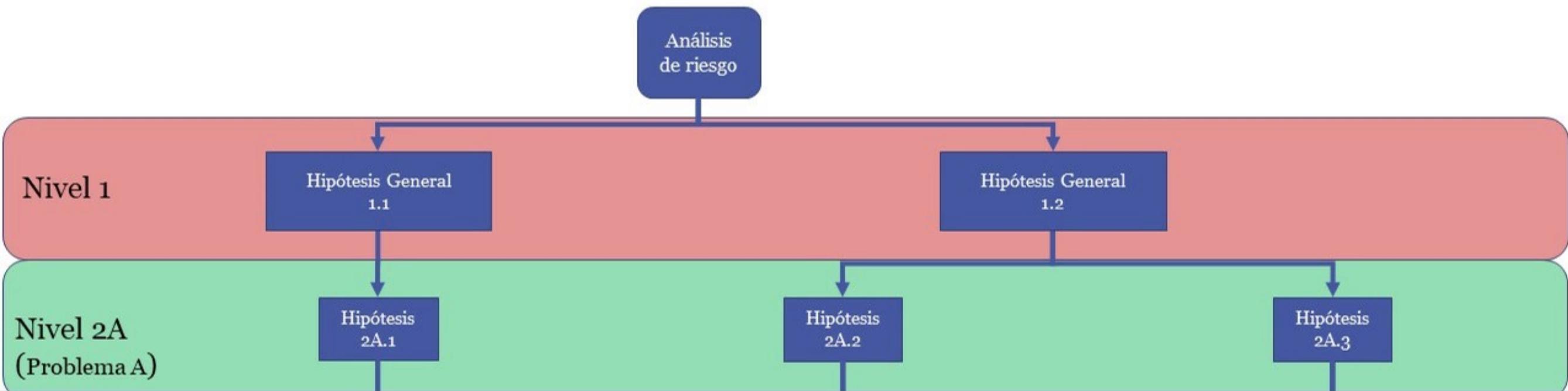
1. Establecer una jerarquía de hipótesis y modelos
2. Definir un sistema de ponderación para hipótesis y modelos
3. Calcular distribuciones de probabilidad de cantidades de interés por modelo
4. Combinar distribuciones de probabilidad entre modelos
5. Presentar los resultados en forma de un análisis de riesgo

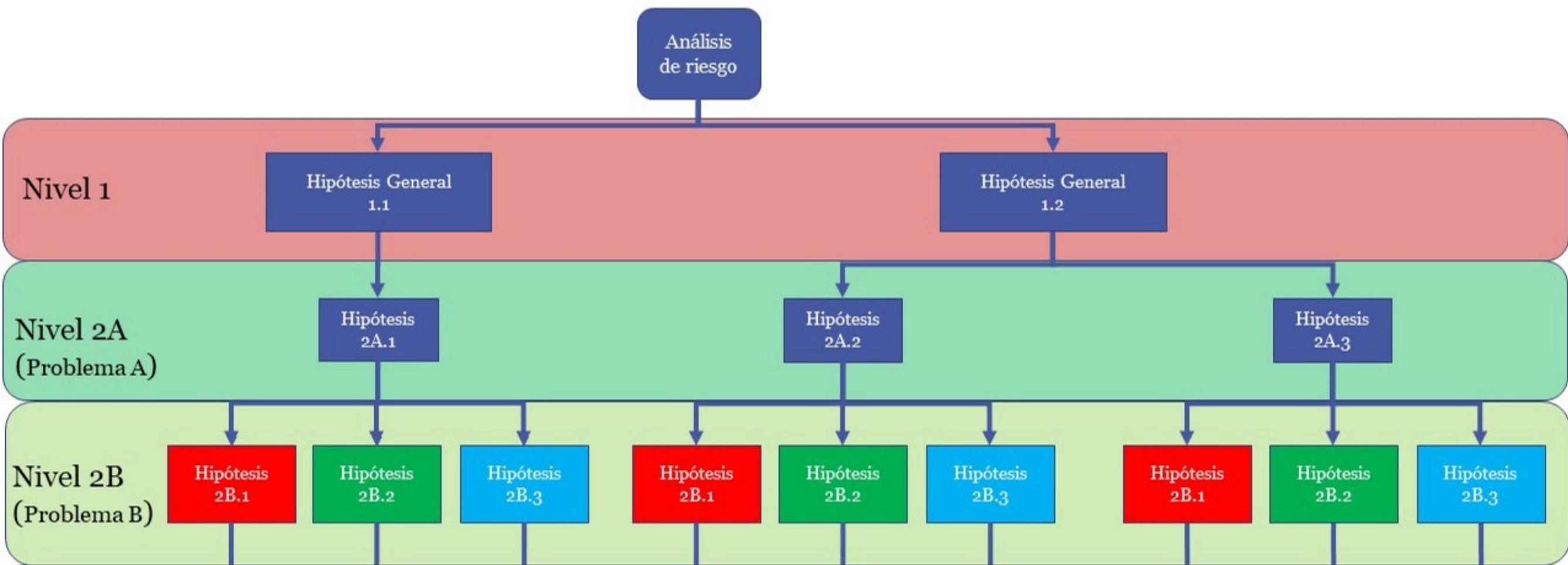
# Jerarquía de hipótesis y modelos

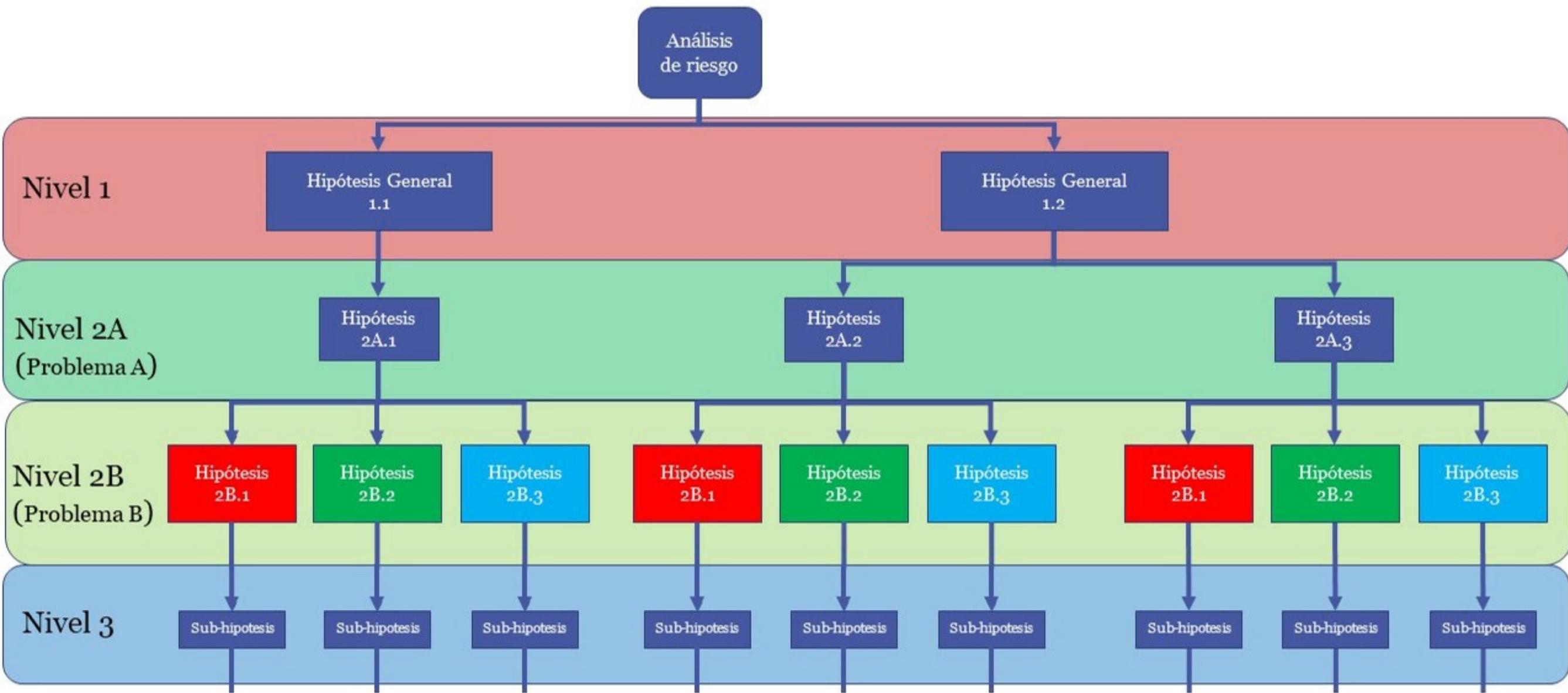
Análisis  
de riesgo

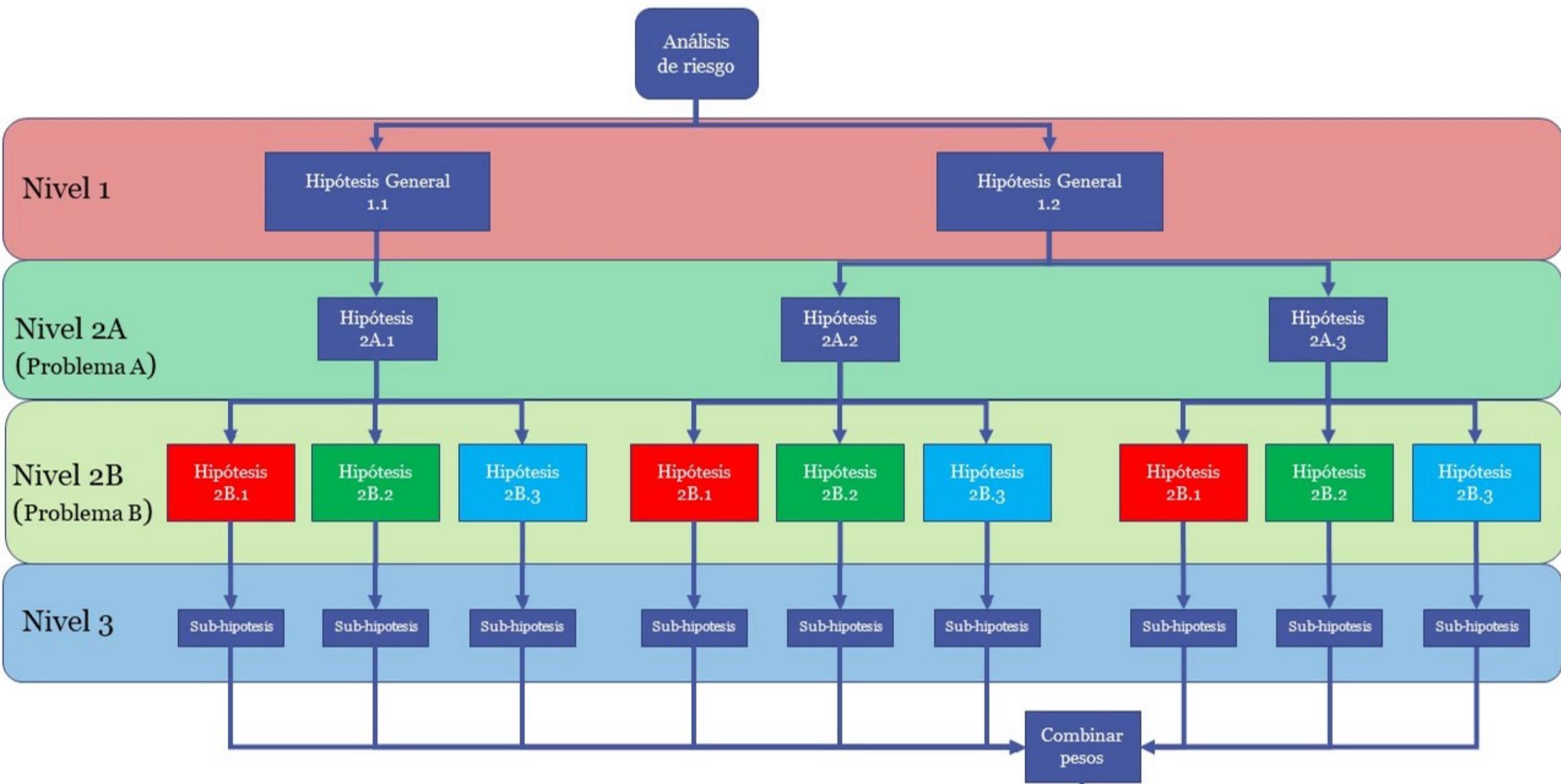
Análisis  
de riesgo

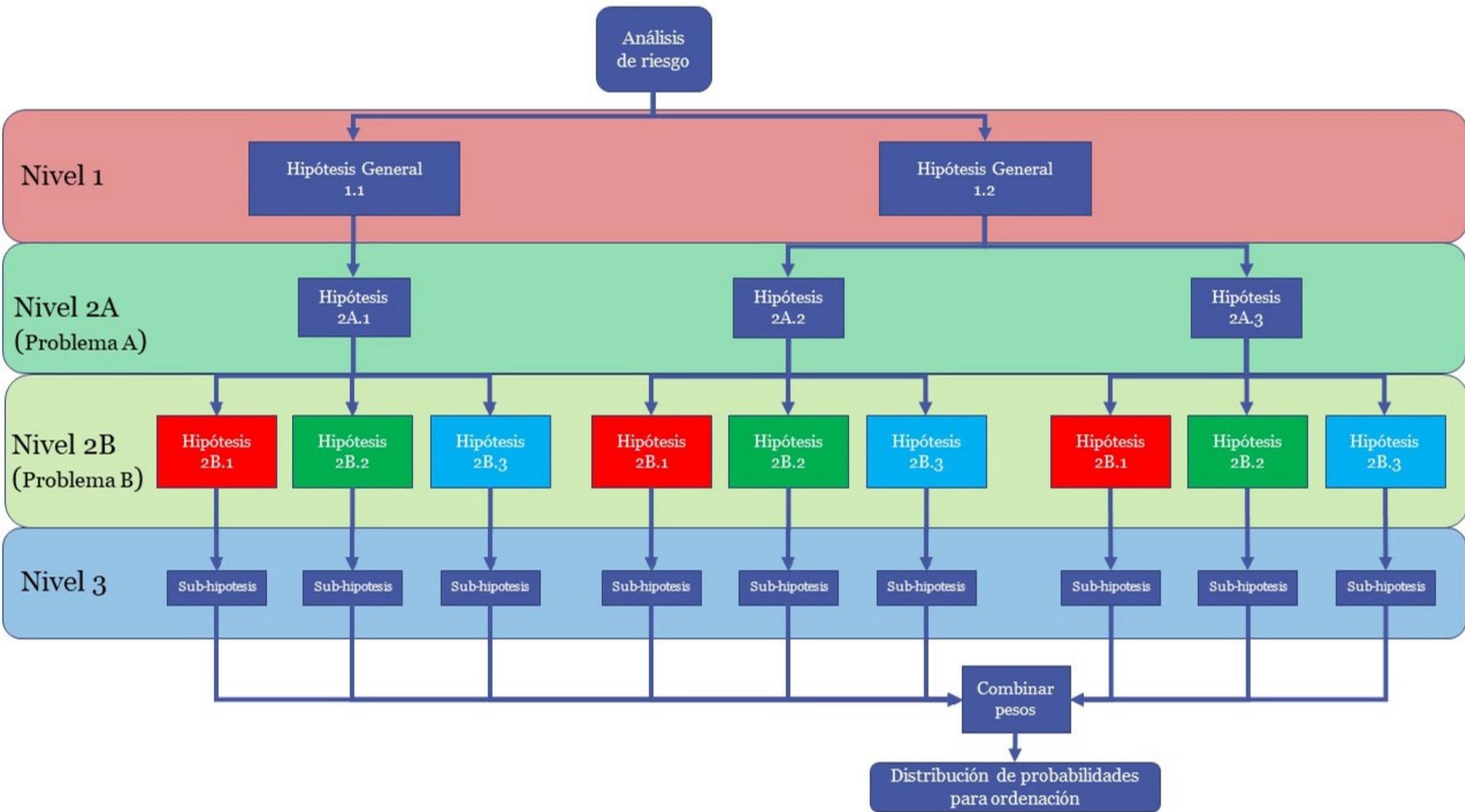


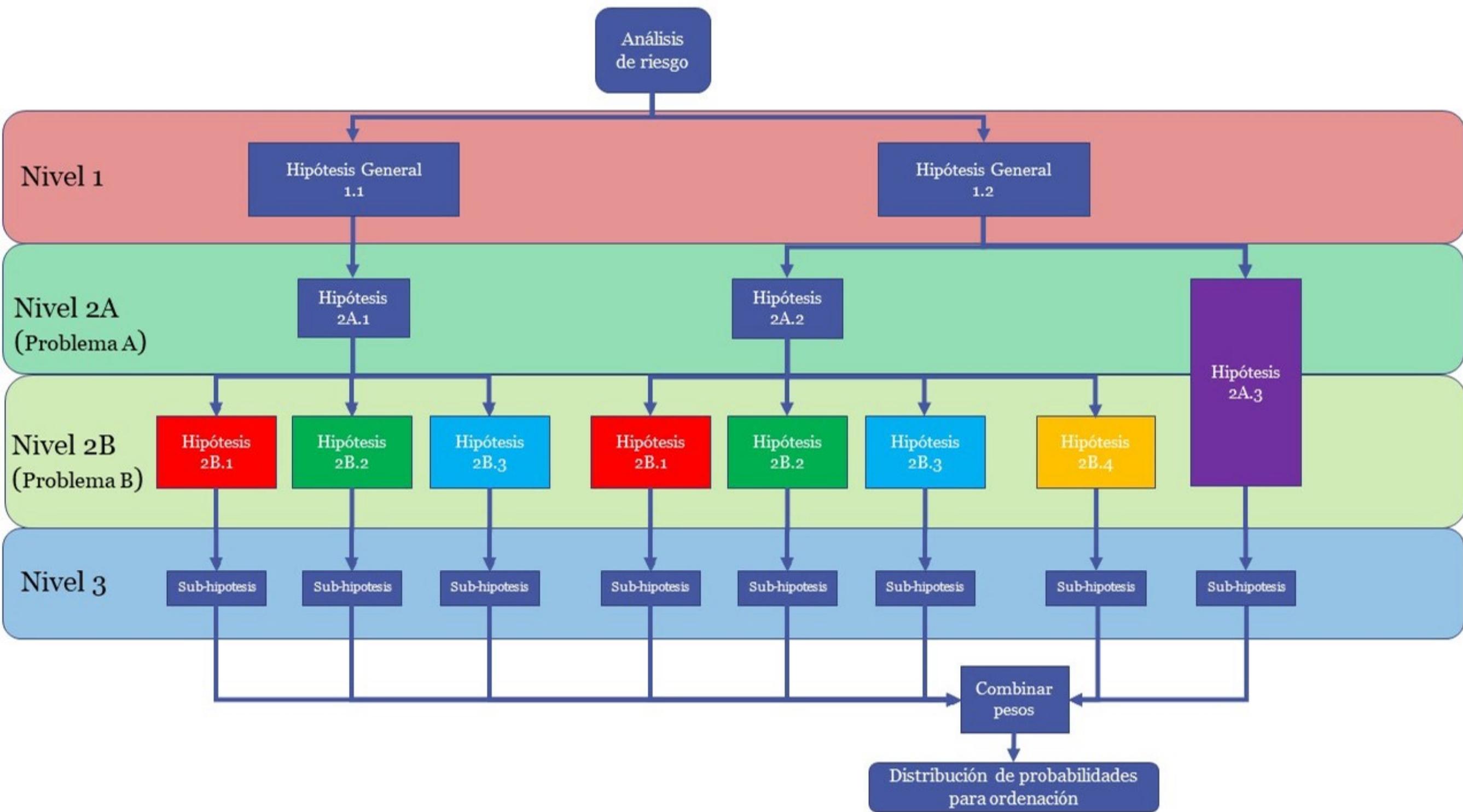












# Jerarquía de hipótesis y modelos

- **Nivel 1: Hipótesis generales**
  - Estados de la naturaleza generales (por ejemplo, el número de poblaciones)
  - Representado por una variedad de modelos y datos
  - No evaluadas por ajuste a los datos
  - Opinión de expertos para pesos
- **Nivel 2: Hipótesis**
  - Representada por un modelo
  - Divididas en subniveles (A, B, ...) donde cada subnivel aborda un problema en la evaluación
  - Los subniveles se utilizan normalmente en combinación para resolver los problemas de la evaluación
  - Ayuda en la asignación de pesos

# Jerarquía de hipótesis y modelos

- Nivel 3: Sub-hipótesis
  - Evaluadas de manera diferente
    - Evitar la influencia de los datos
    - Reducir el número de análisis
    - Conveniencia
  - Típicamente abarcan una sola hipótesis
  - Se puede representar restringiendo un modelo (ej. fijando el valor de un parámetro, como la pendiente)
  - Aplicado a la mayoría, si no a todos, de los modelos del nivel 2.

# Definición de un sistema de ponderación para hipótesis y modelos

- a) Establecer categorías de pesos
- b) Seleccionar métricas de pesos
- c) Asignar pesos y re escalarlos para ser utilizado en un marco probabilístico
- d) Asegurarse de que el número de hipótesis sea práctico

# Sistema de ponderación: categorías de pesos

- La ponderación es subjetiva
- Usar categorías de peso general
- Asignar a cada categoría un valor numérico

<b>Categoría de peso</b>	<b>Valor</b>
<b>Ninguno:</b>	0.00
<b>Bajo:</b>	0.25
<b>Medio:</b>	0.50
<b>Alto:</b>	1.00

# Sistema de ponderación: métricas de pesos

- $W(\text{Expertos})$ : Asignado "a-priori", sin tener en cuenta el ajuste del modelo
- $W(\text{Convergencia})$ : Criterios de convergencia del algoritmo de estimación
- $W(\text{Ajuste})$ : Ajuste del modelo a los datos
- $W(\text{Parámetros plausibles})$ : Plausibilidad de estimaciones de parámetros que representan las hipótesis
- $W(\text{Resultados plausibles})$ : Plausibilidad de los resultados del modelo
- $W(\text{Diagnósticos})$ : Fiabilidad del modelo basado en diagnósticos

# Sistema de ponderación: $W(\text{Ajuste})$

- No utiliza reglas AIC estándar
- $W(\text{Ajuste}) = \text{Bajo} + (\text{Alto} - \text{Bajo}) \times (1 - [\text{AIC} / \max(\text{AIC})])$
- Necesita los mismos datos y la misma ponderación de datos
- Para modelos con datos específicos de un parámetro (ej. datos de edad a la longitud para el crecimiento), calcule AIC sin esos datos
- De lo contrario, los modelos con diferentes datos se evalúan por separado

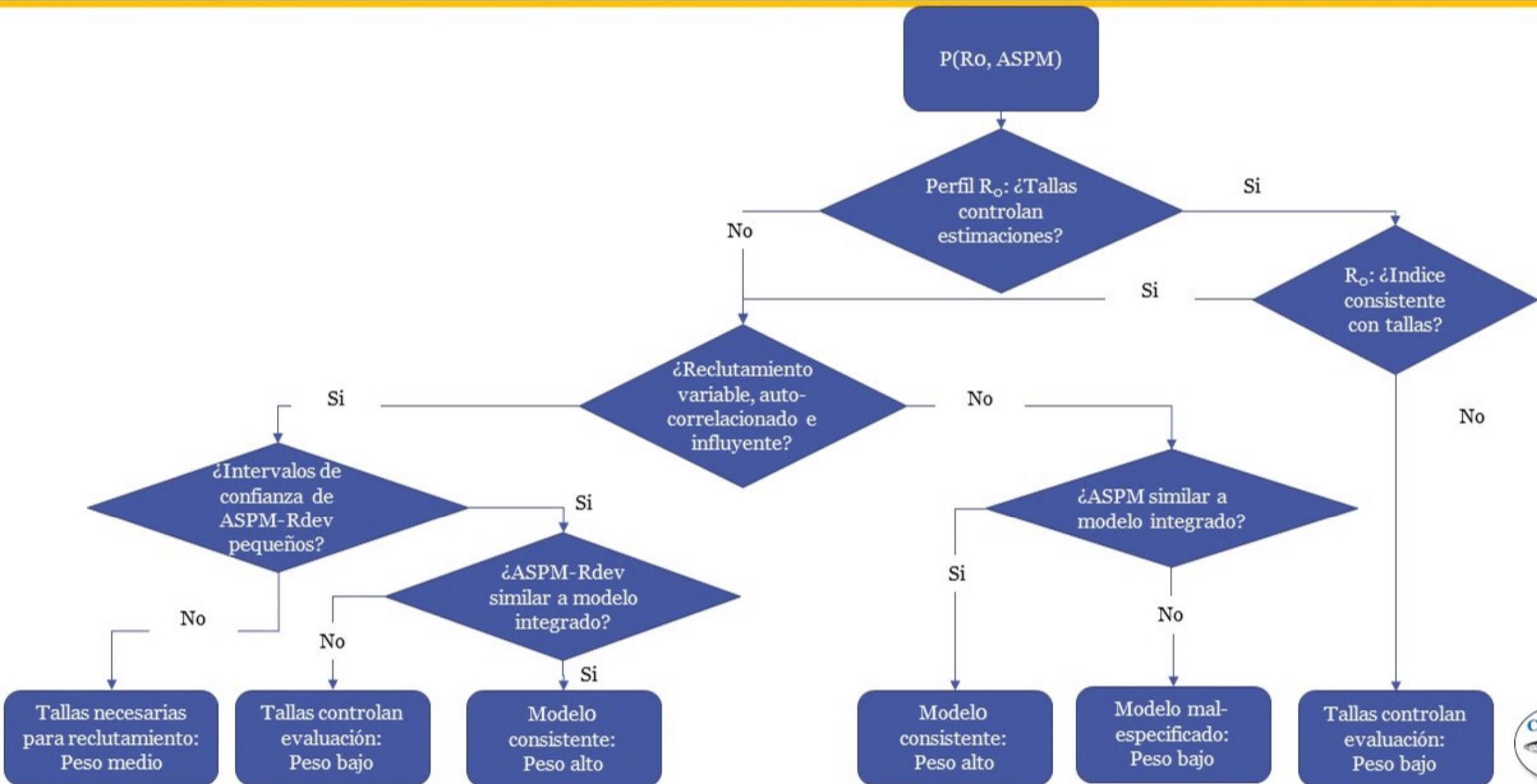
# Sistema de ponderación: $W$ (Selectividad "empírica")

- Compara la selectividad "empírica" con la selectividad estimada
- La selectividad "empírica" es la captura en longitud en números divididos por la abundancia estimada en números
- Se centra en peces más grandes que son más influyentes

# Sistema de ponderación: Diagnóstico

- W(ASPM,  $R_0$ , Catch curve)
- W(Análisis retrospectivo)
- W(Residuales de composición)
- W(Residuales de índice)
- W(Residuales de reclutamiento)

# Sistema de ponderación: perfil de $R_0$ y diagnóstico ASPM



# Sistema de ponderación: Asignación y re-escalado de pesos

- ¿Cuándo se deben re-escalar las ponderaciones para sumar a uno?
  - Nivel 1
    - Re-escalar las hipótesis generales
    - Los pesos se multiplicarán por los pesos de los otros niveles.
  - Nivel 2
    - Re-escalar dentro de cada sub-nivel (por ejemplo, A, B, ...) dentro de una rama de la jerarquía
    - La excepción es el ajuste del modelo con datos diferentes o ponderados disminuida.
    - Re-escalar dentro de grupos de modelos con los mismos datos
  - Nivel 3
    - Re-escalar para sumar a 1 dentro de una rama de la jerarquía (para una hipótesis de nivel 2).

# Sistema de ponderación: Asignación y re-escalado de pesos

- Ponderaciones para un modelo específico en relación a los otros modelos
  - Nivel 1
    - $W(\text{Expertos})$  en relación con todas las hipótesis generales.
  - Nivel 2
    - $W(\text{Convergencia})$ ,  $W(\text{Parámetros plausibles})$ ,  $W(\text{Resultados plausibles})$  y  $W(\text{Diagnósticos})$  en relación con todos los modelos e hipótesis.
    - $W(\text{Ajuste})$  relativo a modelos con los mismos datos independientemente de las ramas de la jerarquía
    - $W(\text{Experto})$  relativo a modelos de la misma rama de la jerarquía (hipótesis general, Nivel 1).
  - Nivel 3
    - En relación con modelos en la misma rama de la jerarquía (hipótesis de Nivel 2).

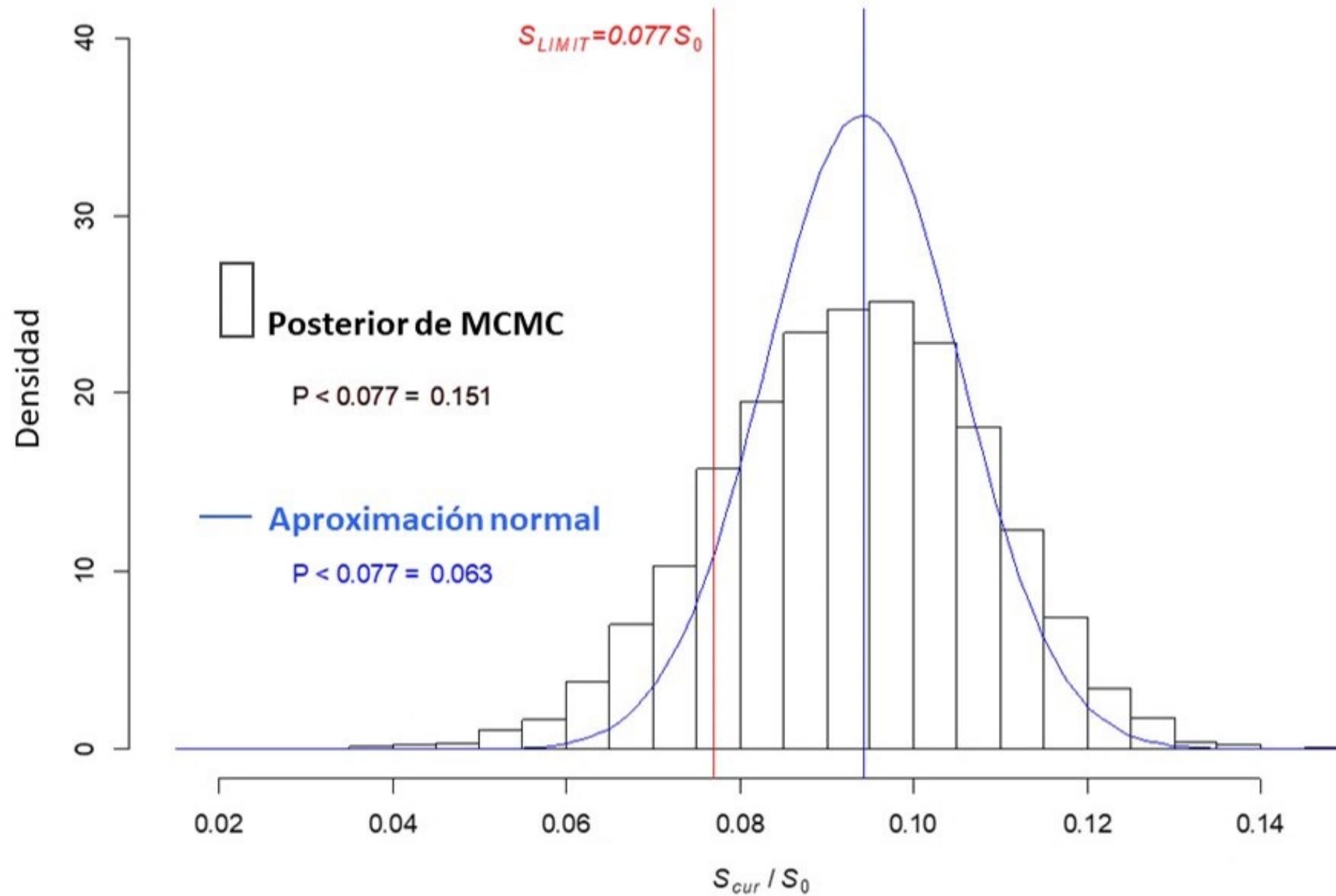
# Sistema de ponderación: Reducción del número de modelos

- Usar todas las combinaciones de modelos es impracticable
- Algunos diagnósticos son computacionalmente intensivos
- Las métricas asignadas peso cero eliminan un modelo
- Eliminación de grupos de modelos
  - Definir un modelo "base"
  - El modelo base es el modelo más simple
  - Si se elimina el modelo base, los otros modelos derivados de este modelo también se eliminan
  - Considerar la razón de eliminación porque otros modelos pueden corregir la razón que eliminó al modelo

# Cálculo de distribuciones de probabilidad para cantidades de interés

- Aproximaciones normales basadas en la estimación y el error estándar
- Funciona bien cuando los datos son muy informativos
- La distribución resultante se re-escala para obtener “ $P(\text{Cantidad} | \text{Modelo} = m)$ ”
- Sin embargo, la distribución de probabilidad puede ser asimétrica
- Distribuciones posteriores obtenidas con análisis limitados de MCMC utilizadas para evaluar cuan apropiadas son las aproximaciones normales

# Distribuciones de probabilidad: comparación MCMC



# Combinación de distribuciones de probabilidad entre modelos

- a) Determinar el peso de cada modelo:  $W(\text{modelo})$
- b) Re-escalar los valores de (a): " $P(\text{Modelo} = m)$ "
- c) Calcular la probabilidad de la cantidad de interés para cada modelo, re-escalar para que suman a uno:  $P(\text{Cantidad} | \text{Modelo} = m)$ .
- d) Multiplicar (b) y (c) para cada modelo de la colección y sumar entre modelos:  $P(\text{Cantidad})$ .
- e) Evaluar (d) para todas las cantidades de ordenación.

f)

$$P(\text{Cantidad}) = \sum_{m \in \{\text{Modelos}\}} P(\text{Cantidad} | \text{Modelo} = m) P(\text{Modelo} = m)$$

# Presentar los resultados en forma de análisis de riesgo

- Graficar distribuciones por componentes (ej. hipótesis de niveles 2A y 2B)
- Las funciones de densidad acumulativa (CDF) se pueden utilizar para determinar la probabilidad de superar los puntos de referencia.
- Tablas de decisiones
  - Resultado esperado de una acción de ordenación específica bajo diferentes estados de la naturaleza.
  - Los estados de la naturaleza podrían ser los modelos individuales, las combinaciones de modelos o una cantidad derivada (por ejemplo, biomasa).
  - La “probabilidades” de cada estado de la naturaleza también se incluyen
- Curvas de riesgo
  - Probabilidad de resultados esperados en relación a la acción de ordenación

# Presentación de resultados: Tablas de decisión

	Estado de la naturaleza	Total
	Probabilidad	
Acción de ordenación	Resultado esperado	Resultado esperado

# Presentación de resultados: Tablas de decisión

	Modelo, grupo de modelos, cantidad derivada	Total
	Probabilidad	
Captura, esfuerzo, días de veda	Captura, Biomasa, $P(F > F_{LIMIT})$	Resultado esperado

# Presentación de resultados: Tablas de decisión CIAT

- Resultados esperados de diferentes días de duración de veda de pesquerías
- Asume que la mortalidad por pesca es proporcional a los días de duración de pesquerías abiertas
  - 365 – días de cierre
  - Ajustado por cambios en la capacidad de pesca y el Corralito
- $P(F > F_{RMS})$  y  $P(F > F_{LIMITE})$
- Necesidad de hacer proyecciones para crear tablas de biomasa reproductiva

# Resumen

- Las evaluaciones de poblaciones son inciertas
- La RCE para atunes tropicales (Resolución CIAT C-16-02) aborda la incertidumbre a través de declaraciones de probabilidad
- Transición de evaluaciones de caso base únicos a set de modelos de referencia
- Jerarquía de hipótesis para definir modelos
- Un marco estadístico riguroso no es aplicable
- Conjunto de métricas para asignar ponderaciones de modelos
- Tabla de decisiones para presentar resultados esperados de acciones de ordenación alternativas



Gracias