

# Integración de sensores remotos y modelación espacial para evaluar la distribución de plantas invasoras en ecosistemas desérticos

*Erick Sánchez Flores, Ph. D.*

## Reunión de Primavera del CUDI



# Contenido

- Introducción y explicación del problema
- Modelación GARP de variables biofísicas y humanas que afectan la distribución potencial de plantas invasoras.
- Monitoreo CVA de cambios en la cobertura vegetal con imágenes Landsat
- Integración y evaluación de los modelos GARP-CVA usando imágenes IKONOS de alta resolución espacial.
- Conclusiones

# Introducción

- La redistribución natural de plantas y animales → tiempo de su contexto evolutivo (cambios climáticos y tectónicos).
- Reciente redistribución intencional y no intencional de especies (comercio y transporte internacional)
- Dominio de especies exóticas → reducción de la biodiversidad mundial.



# Introducción

- Efectos de esta homogeneización ecológica ~ Pangea artificial (evolución en reversa)
- Especies exóticas uno de los principales factores de cambio del paisaje, mas significativo que el calentamiento global como agente de cambio ecológico.
- Costos en pérdidas económicas y daños ambientales > \$137 k mill. dls. en los E.U.



# Introducción

- Los ecosistemas desérticos del NW de México impactados por la invasión de plantas exóticas en zonas alteradas por la actividad humana.
- En el Desierto Sonorense (DS) ,las especies invasoras están entre las diez principales amenazas a la biodiversidad.
- Entre las principales especies invasoras del DS: *Schismus arabicus* y *Brassica tournefortii* (gran habilidad de alterar la estructura y función de los ecosistemas nativos).

# Objetivo

- Caracterizar y evaluar la distribución potencial de *B. tournefortii* y *S. arabicus* y su relación con factores biofísicos y alteraciones derivadas de la actividad humana, y con cambios en la cobertura del suelo detectados mediante el uso de sensores remotos y modelación espacial.



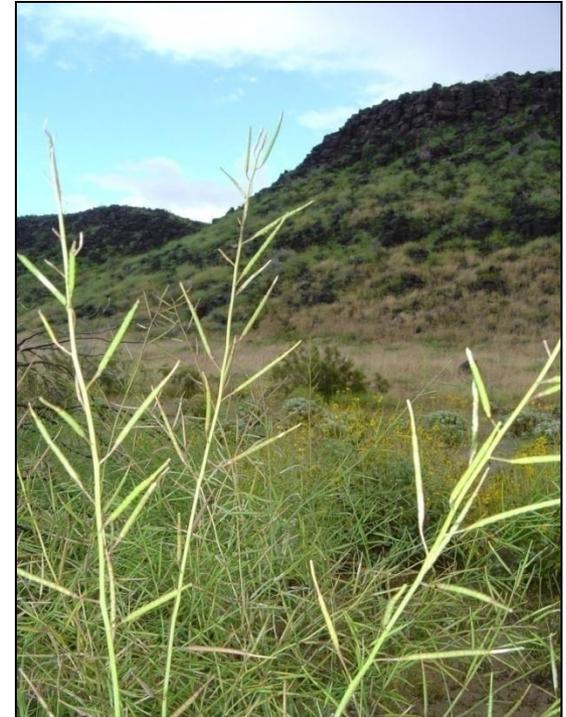
# Hipótesis

- Los paisajes desérticos altamente dinámicos son mas vulnerables a la invasión de plantas exóticas.



# Brassica tournefortii

- Rosetófila anual del norte de África y Asia central, común en planicies bajas arenosas y a la orilla de los caminos.
- Muy resistente a la sequía y con fenología temprana
- Aumentan el riesgo de incendios en comunidades de matorral desértico (Brooks 1998).



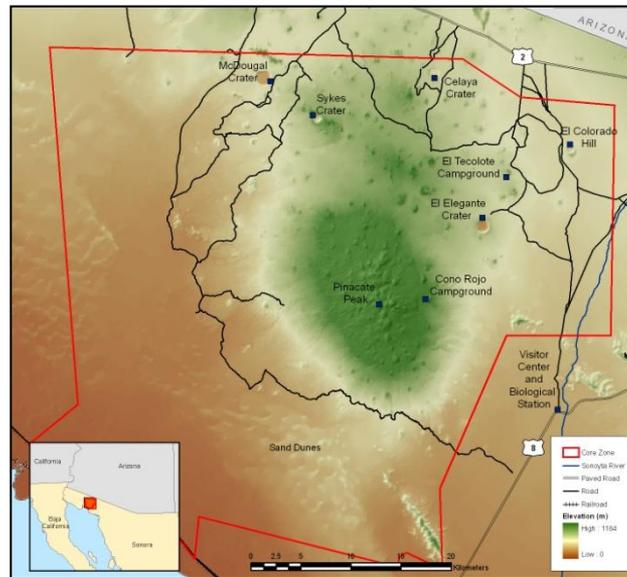
# Schismus arabicus

- Pasto anual resistente a la sequía, alta germinación, nativo del Sahara y la Península Arábiga.
- Abunda en planicies bajas arenosas, cursos de arroyos y sitios alterados.
- Aumenta la frecuencia y extensión de incendios entre especies nativas sensibles al fuego.



# Reserva de la Biósfera 'El Pinacate'

## PBR

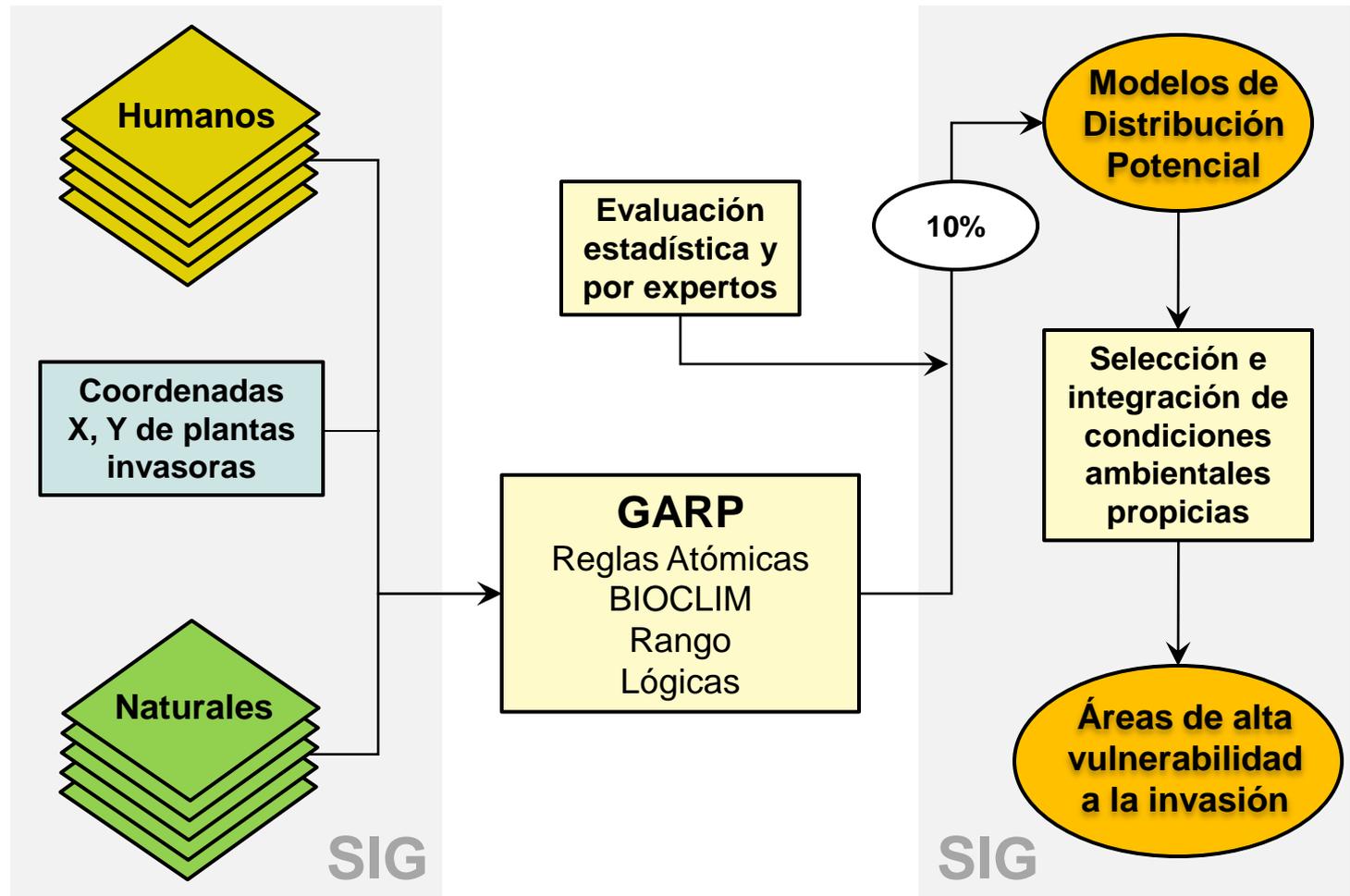


- Diversas condiciones ambientales y aumento potencial de actividad humana.
- Área protegida → conservación de ecosistemas nativos.
- Hábitat de especies en peligro de extinción.
- Viabilidad para la implementación de programas de monitoreo y control de plantas invasoras.

# Algoritmos genéticos (GARP)

- Modelos predictivos → “nicho ecológico”:  
Relaciones predecibles entre la distribución de una especie y características de su ambiente.
- Los algoritmos genéticos de producción de conjuntos de reglas (**GARP**) (Stockwell & Noble 1991) → Predecir la distribución de especies.
- **GARP** desarrolla reglas condicionales que correlacionan la localización de la especie y los factores ambientales que describen sus nichos ecológicos.

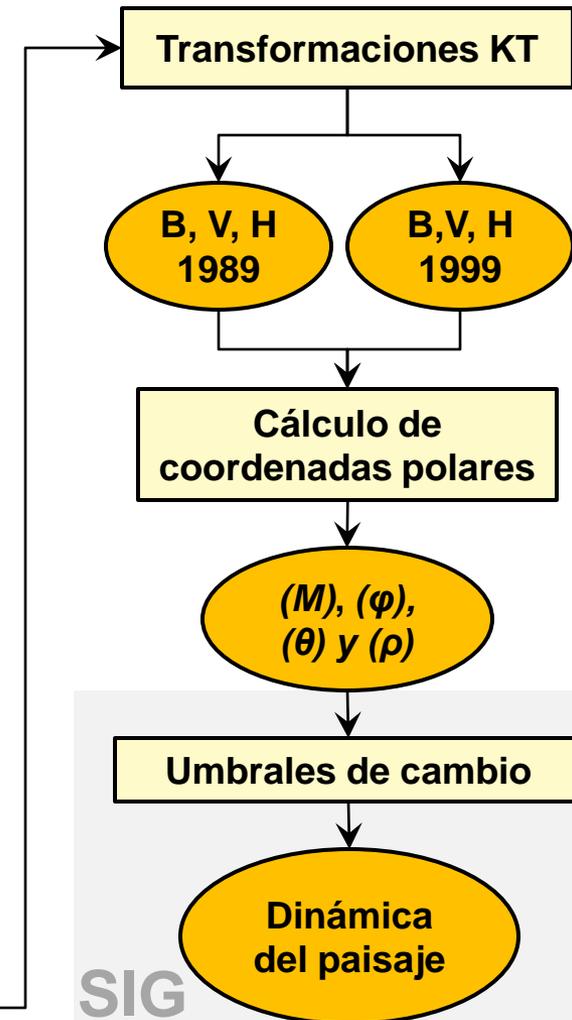
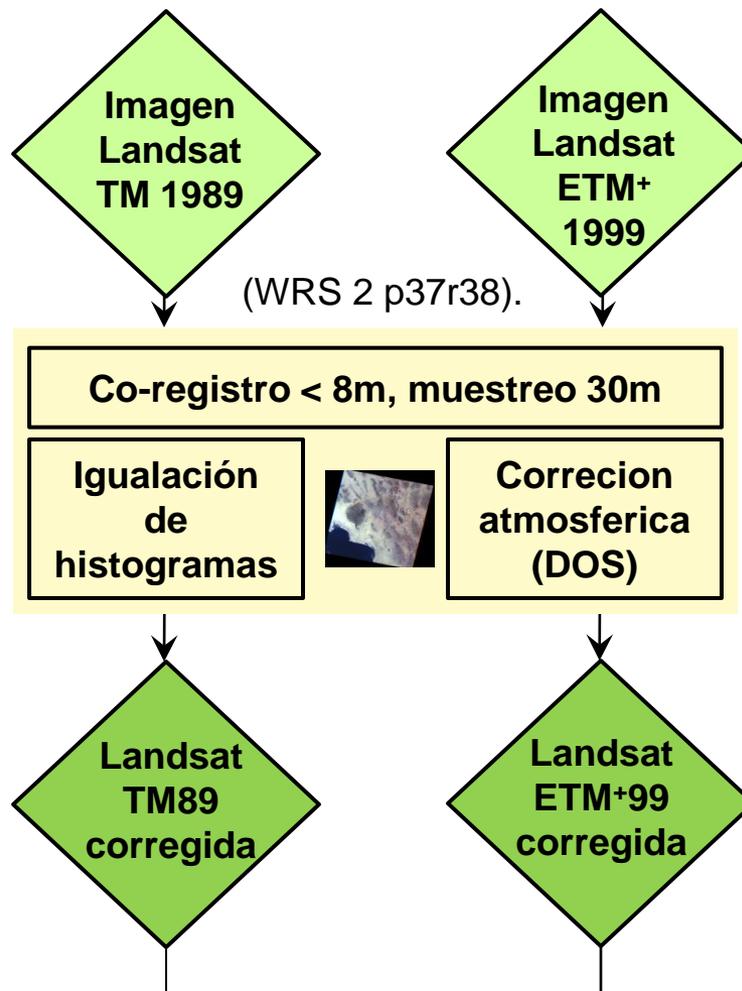
# Métodos (GARP)



## Análisis de vectores de cambio (CVA)

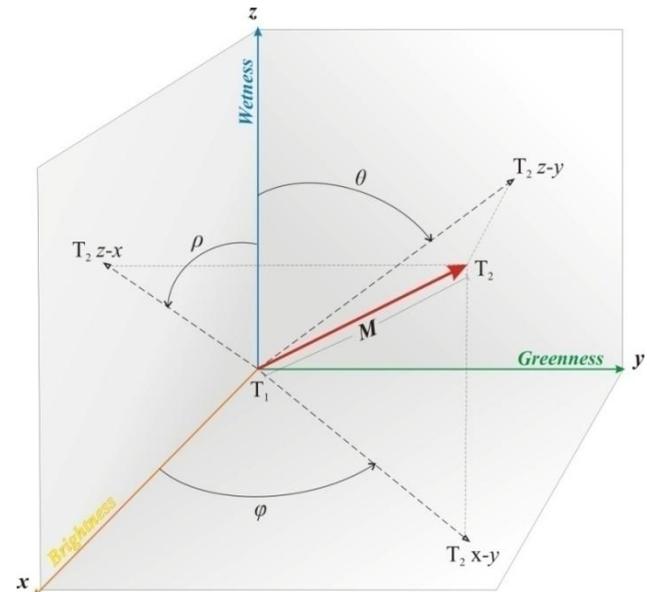
- Cambios en la cobertura del suelo → Una de las formas más agresivas de alteración de los ecosistemas.
- Sensores remotos para detectar cambios en la cobertura del suelo (diferencias de reflectancia).
- CVA (Malila 1980) caracteriza la magnitud y dirección del cambio en un espacio espectral definido por los ejes de transformaciones sensibles a las características de la vegetación (Kauth Thomas 1976).

# Métodos (CVA)



# Espacio espectral del CVA

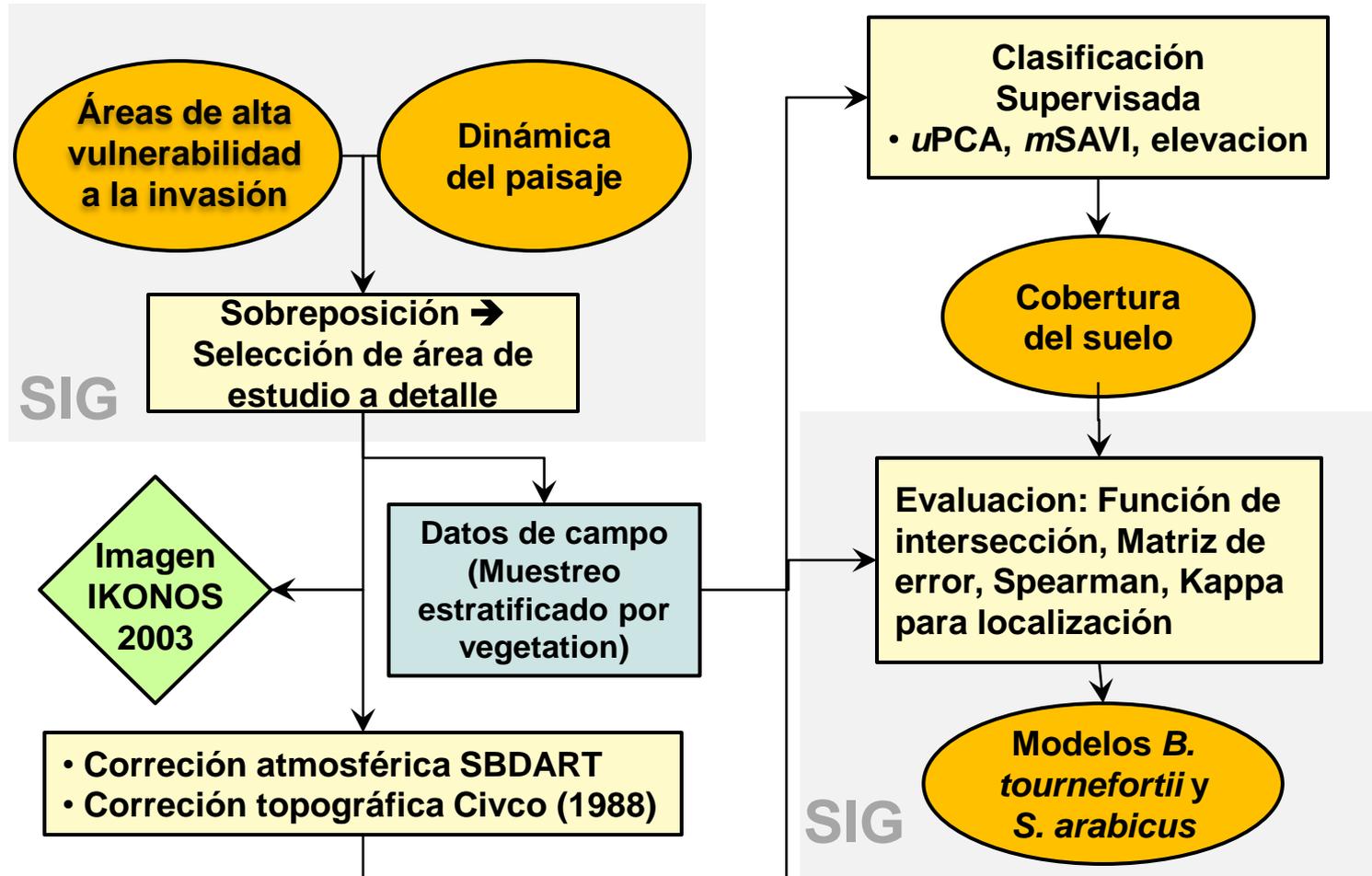
- Vector de cambio y sus coordenadas polares en los planos KT: Brillo ( $x$ ), Verdor ( $y$ ), y Humedad ( $z$ ).
- La Magnitud del vector ( $M$ ) = cambio en la posición del pixel entre  $T_1$  y  $T_2$ .
- Las direcciones del vector en  $\varphi$ ,  $\theta$  y  $\rho$  = ángulos entre el vector  $T_1$ - $T_2$  y los ejes  $x$ ,  $y$  y  $z$  en los planos  $x$ - $y$ ,  $z$ - $y$ , y  $z$ - $x$  correspondientemente.



# Integración GARP-CVA

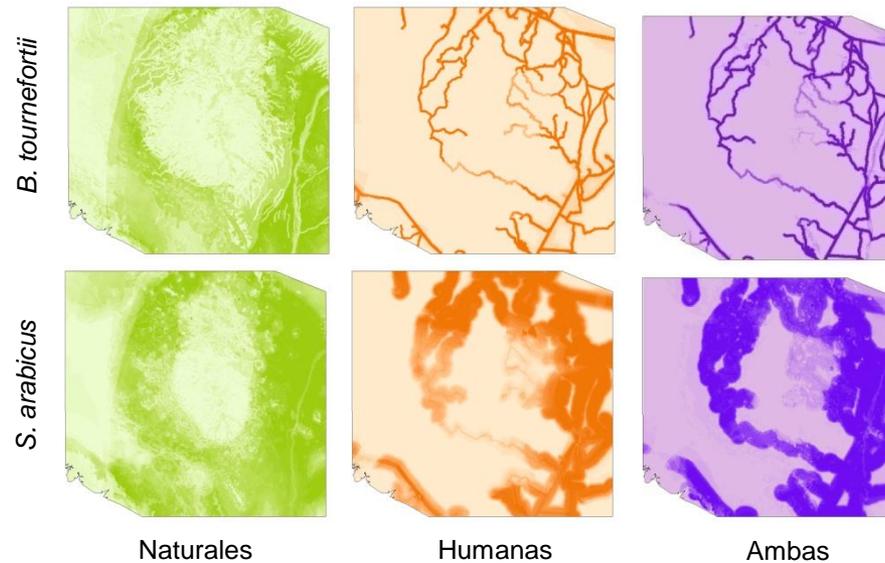
- Evaluación con datos de campo y/o imágenes de mayor resolución.
- Clasificación supervisada de cobertura del suelo utilizando variables auxiliares: (*uPCA* → 98.54% varianza IKONOS); *mSAVI*; y elevación.
- Evaluación: Función de intersección para identificar las áreas mas dinámicas y vulnerables → Matriz de error; correlación de Spearman; Kappa para localización ( $K_{location}$ ).

## Métodos (Integración GARP-CVA)



# Resultados

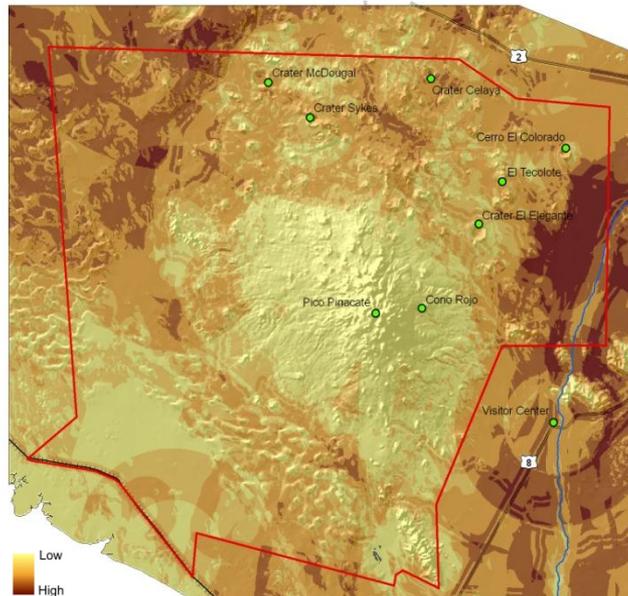
## Modelos GARP de probabilidad de distribución



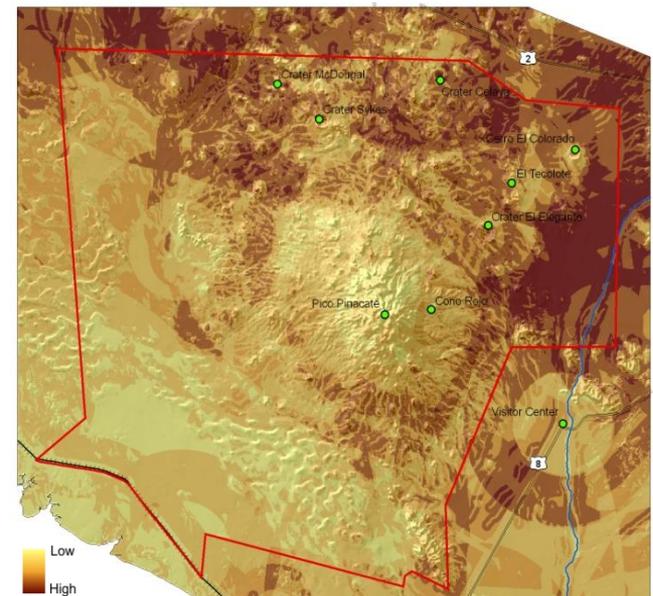
- Naturales → elevación y la distancia desde los escurrimientos superficiales.
- Humanas → red de caminos internos.

# Resultados

## Áreas de alta vulnerabilidad a la invasión



*B. tournefortii*

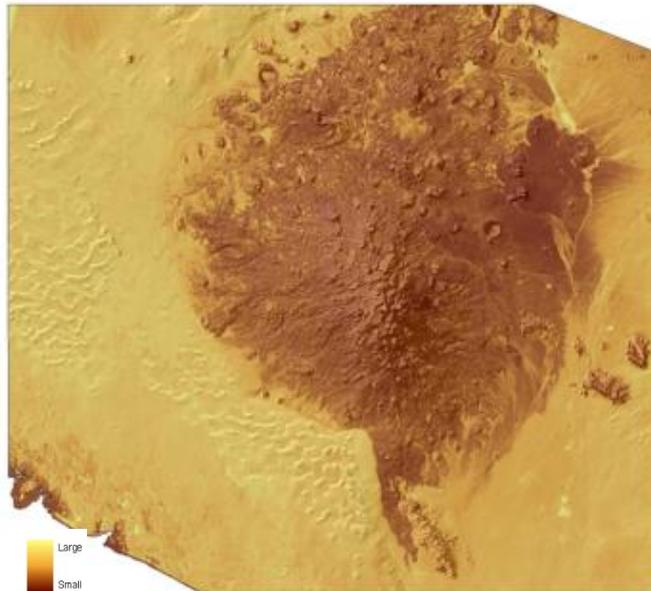


*S. arabicus*

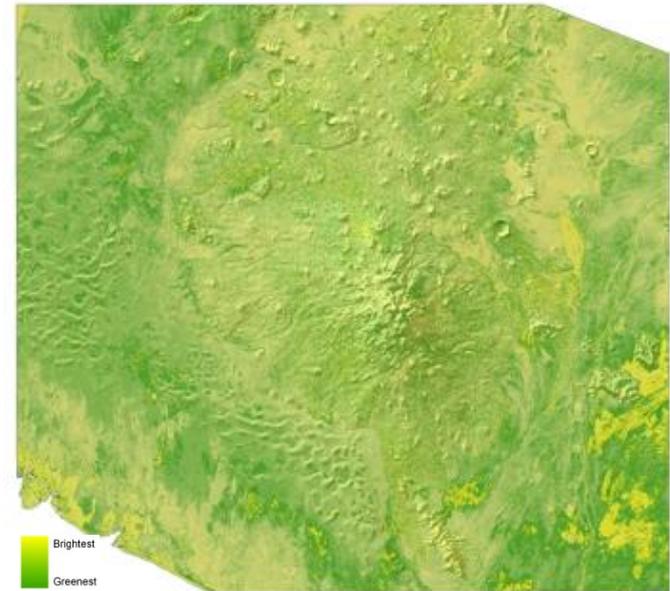
- La vegetación de desierto arenosos y el matorral subinermes > vulnerables (carreteras número 2 y 8 y área más visitada de la Reserva).

# Resultados

## Magnitud ( $M$ )



## Longitud ( $\phi$ )



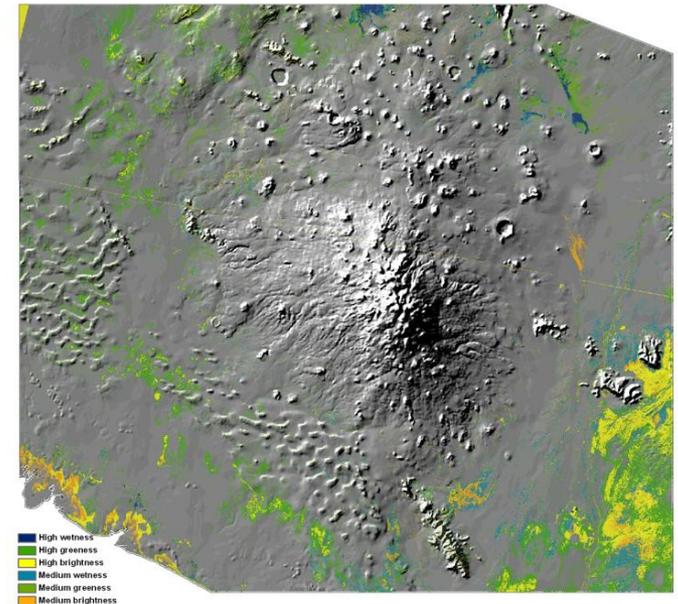
- La longitud ( $\phi$ )  $\rightarrow$  ~~agrícolas~~ ~~debe~~ ~~ser~~ ~~intensas~~ ~~en~~ ~~el~~ ~~sector~~ ~~occidental~~ ~~del~~ ~~valle~~ ~~del~~ ~~Sonoyta~~ ~~en~~ ~~los~~ ~~países~~ ~~agrícolas~~ ~~y~~ ~~valles~~ ~~bajos~~ ~~del~~ ~~Río~~ ~~Sonoyta~~.



# Resultados

## Dinámica del paisaje

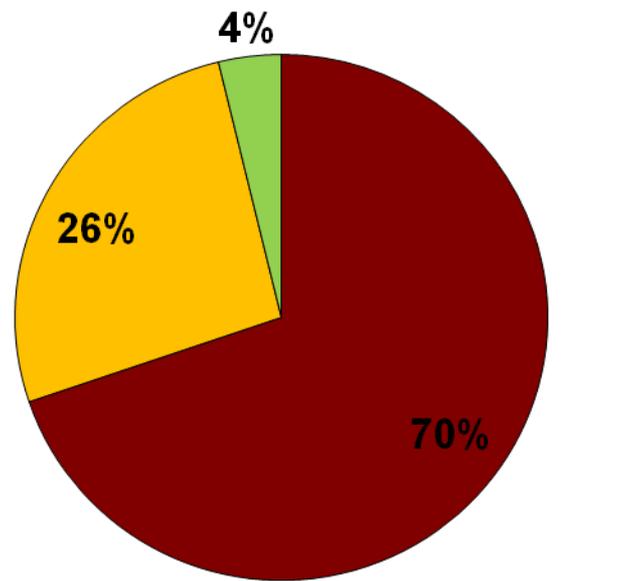
- Paisajes más dinámicos (grandes  $\uparrow$  en el Brillo fuera del área protegida del PBR en la porción Este del Valle del Río Sonoyta.
- Sin cambios importantes en la dinámica del paisaje el 85% del área. Áreas estables a mayor elevación en el centro del escudo volcánico ocupado por matorral desértico crasicauale.



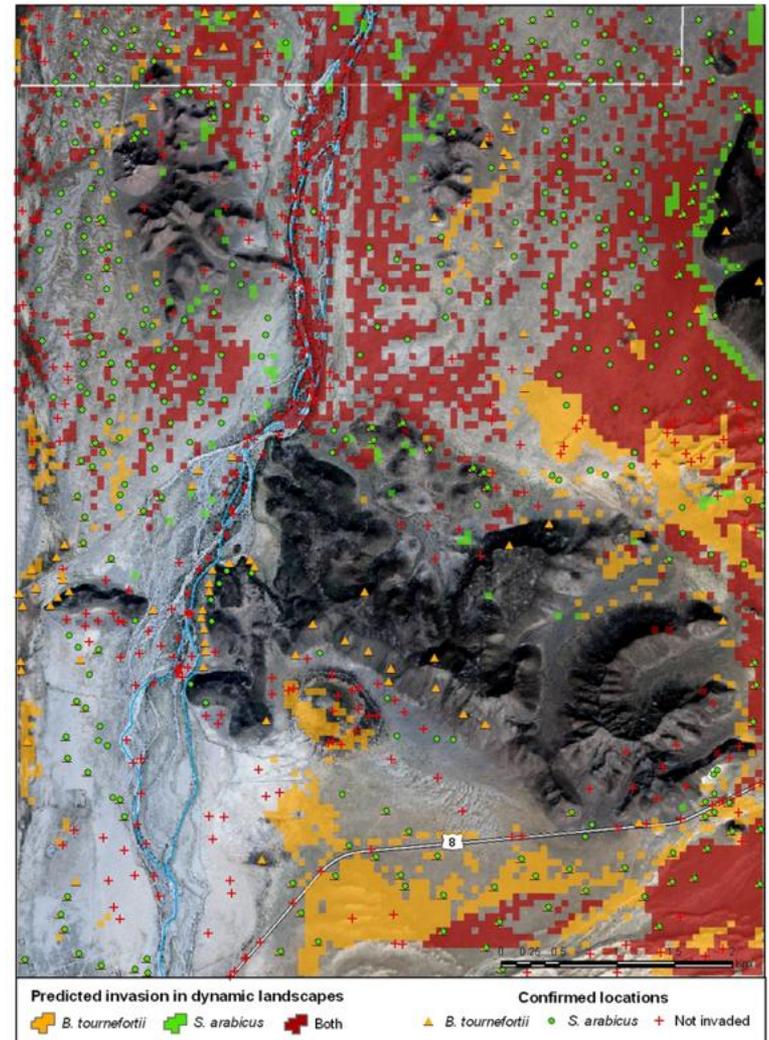
# Resultados

## GARP-CVA model

Áreas dinámicas vulnerables



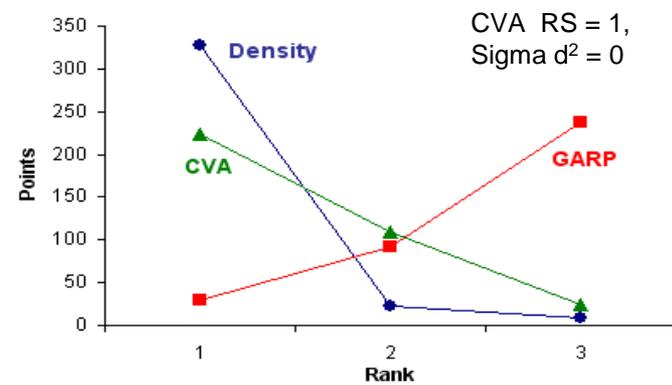
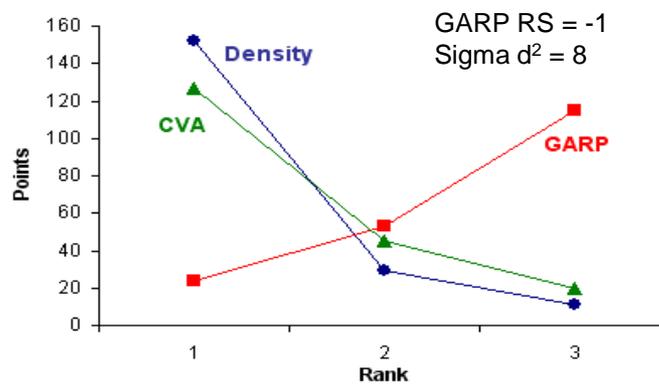
■ Ambas ■ *B. tournefortii* ■ *S. Arabicus*



# Resultados

## Evaluación del modelo GARP-CVA integrado

- La exactitud GARP-CVA: *B. tournefortii* = 59%. *S. arabicus* = 58% → Diferentes escalas



- Las paisajes más dinámicos → correlación positiva con la densidad de plantas invasoras registradas en campo.

# Resultados

## Clasificación de cobertura del suelo

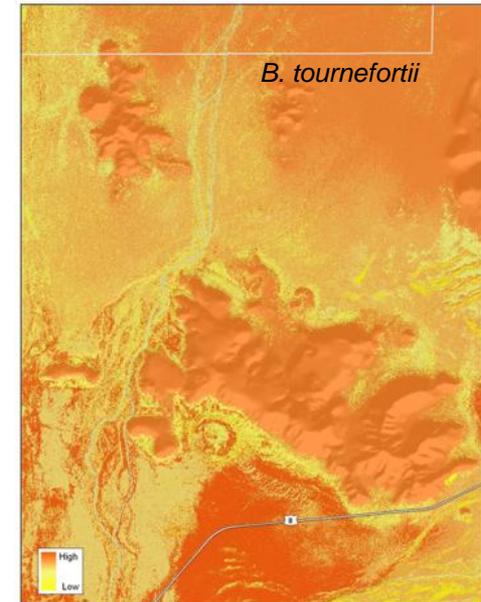
- Dominada por 5 coberturas de suelo
- Exactitud general = 81.28% con 599 / 737 muestras de campo clasificadas correctamente.
- *Coeficiente*  $K_{hat} = 78.42\%$ .



# Resultados

## Invasoras por tipo de cobertura vegetal

- *B. tournefortii* en paisajes de deparatizdesértatomacrófilo y esásticoe micrófilo, es resultado porvañoaral desléscos sarcocaulic bajas de la porción central del ePBR.
- Condiciones desfavorables
- En principales especies matorrales arionófilas: el pino (Valle del Río Sonora); en áreas de vegetación escasa (dunas); y en piedemontes volcánicos
- Condiciones desfavorables en comunidades gravosos con matorral desértico escaso. de matorral desértico sarcocaulic.



Klocation = 83.25%

## Conclusiones

- Enfoque original que integra análisis geo-espacial y sensores remotos para la modelación de plantas invasoras.
- Distribución potencial de *B. tournefortii* y *S. arabicus* influenciada por variables derivadas de la actividad humana (Caminos internos son la variable más afectada).
- Factores biofísicos más complejos de modelar y requiere de variables más relacionadas con los nichos ecológicos de estas especies invasoras.

# Conclusiones

- Los paisajes dinámicos resultaron mas vulnerables a la invasión por plantas exóticas en el PBR. *B. tournefortii* → paisajes dinámicos de matorral desértico micrófilo y pastizal. *S. arabicus* → llanuras bajas de matorral desértico micrófilo y crascicaule.
- La complejidad de las relaciones ecológicas que controlan las invasiones → enfoques de modelación integrados a múltiples escalas temporales y espaciales → diseño de estrategias efectivas de manejo.



Agradecimientos:

CONANP

CONACyT

IIACI

*Gracias !*  
University of Arizona

PROMEP