

MNP66

 Ben-Gurion University
of the Negev

23-28 October 2011

Ben-Gurion University of the Negev, Eilat Campus, Israel

Minerva Gentner Symposium

on

Aeolian Processes

**MOBILITY EVOLUTION OF A HIGHLY ACTIVE COASTAL
DUNE (SW SPAIN) IN SEVERAL TERMS**



University of Cadiz (SPAIN)
Applied Physics Department
marina.navarro@uca.es

Marina Navarro Pons
Juan José Muñoz Pérez
Jorge Román Sierra
Gregorio Gómez Pina

Diapositiva 1

MNP66

Con la venia del tribunal, procedo a defender mi tesis doctoral titulada:

MODELIZACIÓN DE LA EVOLUCIÓN MORFODINÁMICA DE LA DUNA DE VALDEVAQUEROS (T.M. TARIFA) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE FUNCIONES EMPÍRICAS ORTOGONALES
A CORTO, MEDIO Y LARGO PLAZO

Dirigida por el Profesor Juan José Muñoz Pérez, del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Cádiz.

Marina; 22/06/2011

MNP2

Research area

Dune evolution

Methodology

Results

Conclusions

Alternatives

Location



Ben-Gurion University
of the Negev

Minerva Gentner Symposium on Aeolian Processes
23-28 October 2011



M. Navarro et al.

Diapositiva 2

MNP2

1. ÍNDICE DE CONTENIDOS

El índice de contenidos se desglosa en 7 capítulos.

En el capítulo 1 se realiza una breve introducción sobre el papel de las dunas costeras seguido por el planteamiento de las hipótesis y los objetivos generales específicos de la tesis.

En el capítulo 2 hace mención a las técnicas aplicadas al estudio de sistemas dunares.

En el capítulo 3 se realiza una descripción de la zona de estudio, antecedentes históricos y alternativas planteadas.

El capítulo 4 se centra en la metodología aplicada al sistema dunar de Valdevaqueros, es decir, lo que serían materiales y métodos.

El capítulo 5 está destinado en su totalidad al análisis del sistema dunar a distintos plazos, mediante la aplicación de las EOFs.

En el capítulo 6 se realiza una síntesis del análisis meteorológico, cálculos de índices de actividad dunar y transporte eólico de sedimentos.

Y por último, en el capítulo 7 se ofrece un resumen de resultados conclusiones obtenidas, así como posibles nuevas líneas de investigación.

Marina; 22/06/2011

MNP13

Research area

Dune evolution

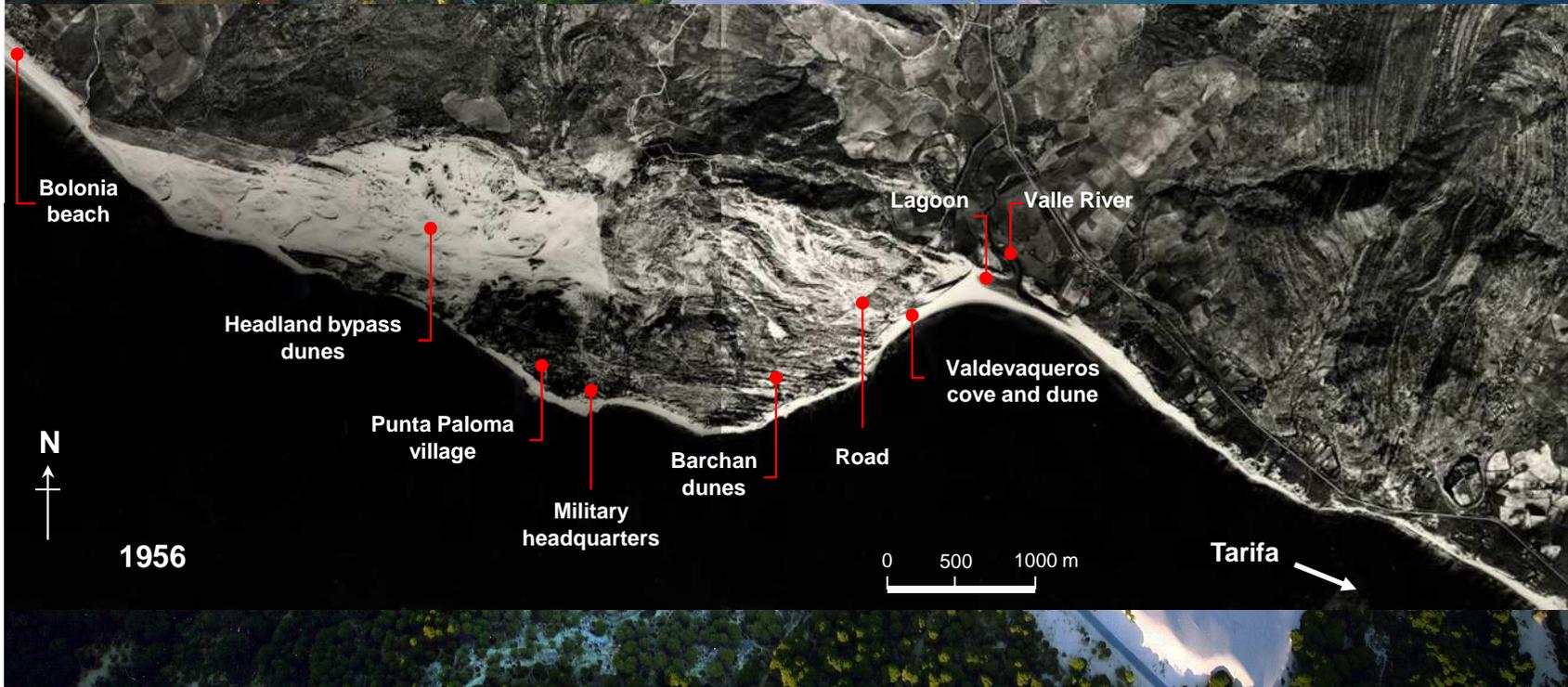
Methodology

Results

Conclusions

Alternatives

VALDEVAQUEROS COASTAL DUNE SYSTEM



Diapositiva 3

MNP13

12. UNIDADES QUE FORMAN EL SISTEMA

En esta imagen tomada por el vuelo americano de 1956 pueden diferenciarse las diversas unidades que forman parte o influyen en el sistema. Aquí se encuentra la ensenada y duna de Valdevaqueros, que forma parte de un antiguo campo dunar causado por intensos vientos de levante, que hasta mediados del s. XX se extendía en dirección E-O desde la ensenada de Valdevaqueros remontando la sierra de San Bartolomé (a unos 200 m de altitud) hasta la playa de Bolonia.

Las unidades que caracterizan al sistema, son por una parte el Río Valle que al desembocar en la playa de Valdevaqueros forma un lagoon estacional, al oeste encontramos dunas borjanas, presentes cuando el aporte de arena no es tan elevado y la carretera que conduce a un poblado y a una zona militar situados en Punta Paloma.

Marina; 22/06/2011



Diapositiva 4

MNP21

20. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES Y ANTRÓPICAS DEL SISTEMA

La duna activa de Valdevaqueros tiene una longitud de unos 700 metros y una anchura de aproximadamente 300 m, y se encuentra en un ambiente en el que interactúan varias unidades ambientales (como la playa, con una anchura media de unos 120 m, el río valle, el lagoon estacional, el pinar de reciente plantación) y antrópicas (la carretera a Punta Paloma, la carretera nacional hacia Tarifa, un aparcamiento con forma de catavinos y un camping situados frente a la playa).

Marina; 22/06/2011

MNP14

Research area

Dune evolution

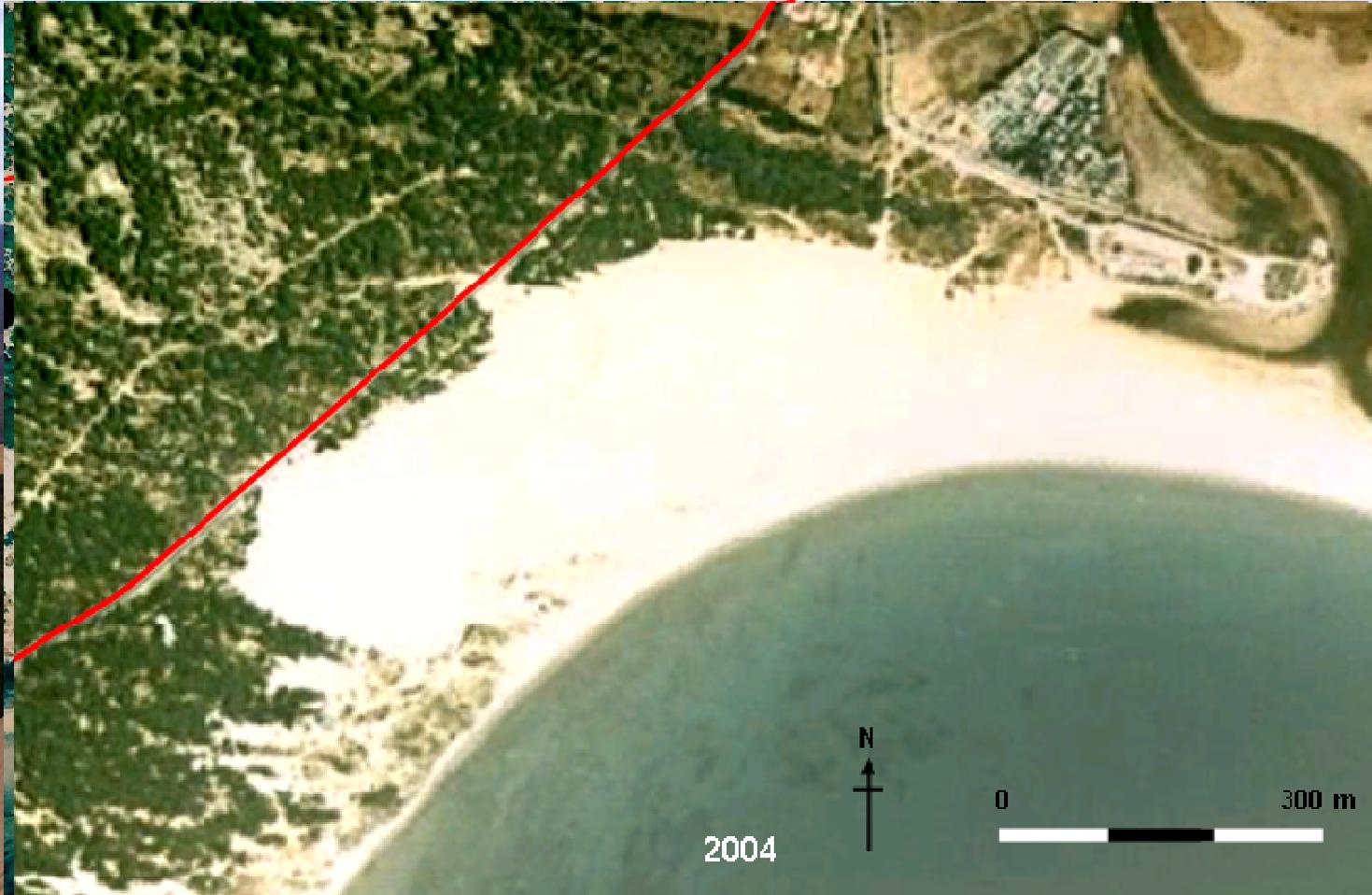
Methodology

Results

Conclusions

Alternatives

Historical dune evolution



Diapositiva 5

MNP14

13. EVOLUCIÓN HISTÓRICA: FOTOGRAFÍAS AÉREAS EN PLANTA.

Marina; 22/06/2011

MNP22

Research area

Dune evolution

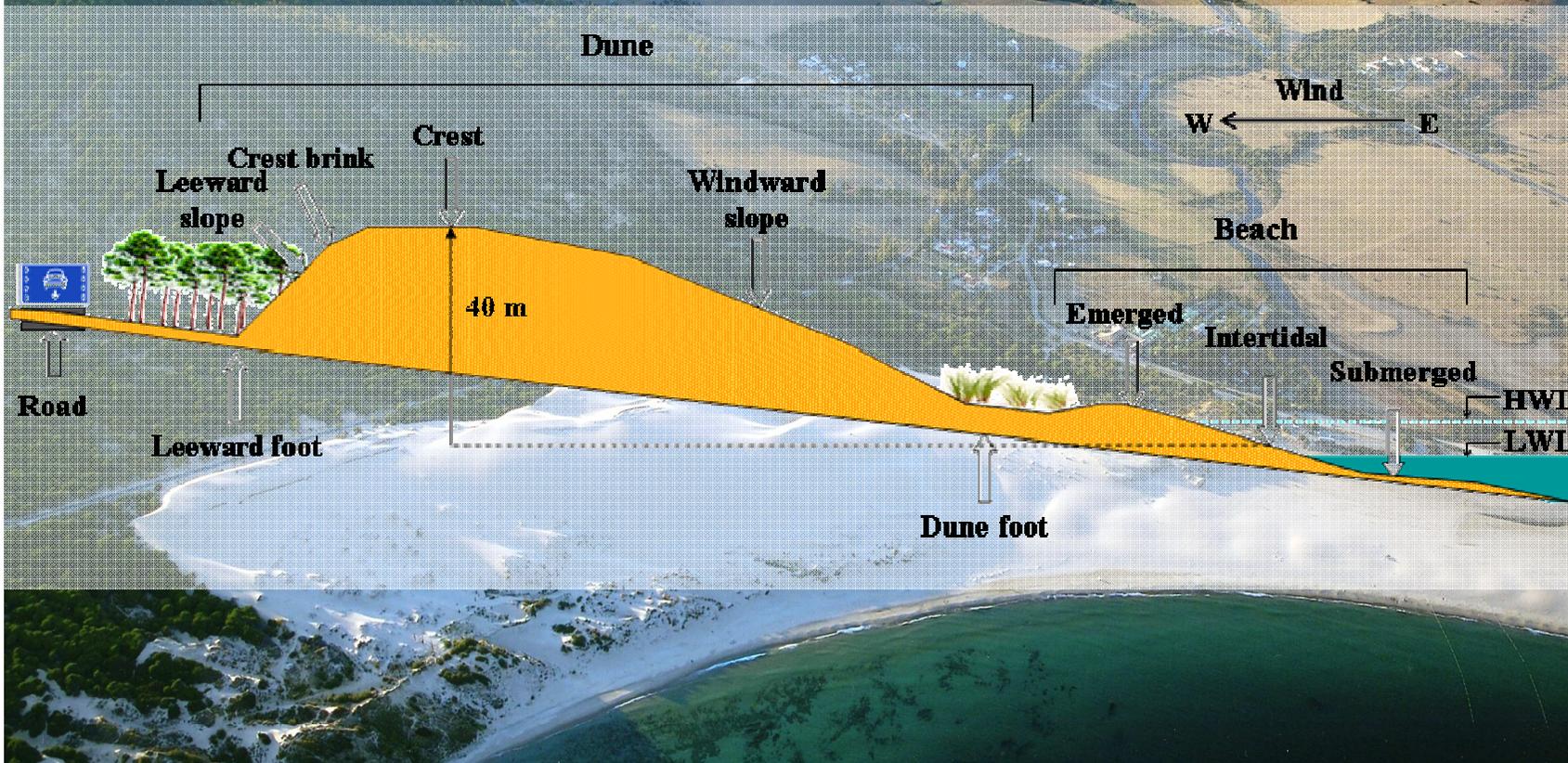
Methodology

Results

Conclusions

Alternatives

Cross-shore dune and beach profile



21. SECCIÓN TRANSVERSAL DEL SISTEMA PLAYA-DUNA

Aquí vemos una sección transversal típica del sistema playa-duna, con la orientación del viento en sentido E-O. La zona de la playa viene delimitada por el nivel de bajamar viva y el de pleamar viva equinoccial, con la playa sumergida, el intermareal y la playa alta o emergida y la duna. La sección de la duna se caracteriza por un pie de duna que conecta con la playa, una cara de barlovento con una pendiente moderada, la cresta, que es el punto más elevado del perfil, el borde o la cornisa, que separa la cresta de la cara de sotavento, cuyo talud o pendiente es mucho más elevada, muriendo en el pie de sotavento. Y por último la situación de la carretera y el pinar en la parte trasera de la duna.

Marina; 22/06/2011

MNP17

Research area

Dune evolution

Methodology

Results

Conclusions

Alternatives

Restoration systems



Sand removal



Sand fencing



Planting



440000 m3 in 15 years



Diapositiva 7

MNP17

16. SISTEMAS DE RESTAURACIÓN

Además de las extracciones, se han llevado a cabo sistemas de restauración que consistían en remodelaciones fisiográficas en la parte más activa de la duna, instalación de captadores y la revegetación con vallado para evitar el pisoteo de los transeúntes.

Marina; 22/06/2011

Research area

Dune evolution

Methodology

Results

Conclusions

Alternatives

Present-day situation



**500 people isolated due to the advance
of a sand dune in Tarifa (Cadiz)**
Diario de Cádiz (11th August 2011)

MNP56

SAND DRIFT POTENTIAL (DP)

Drift Potential

$$DP = q = \frac{u^2(u - u_t)}{100} \cdot t$$

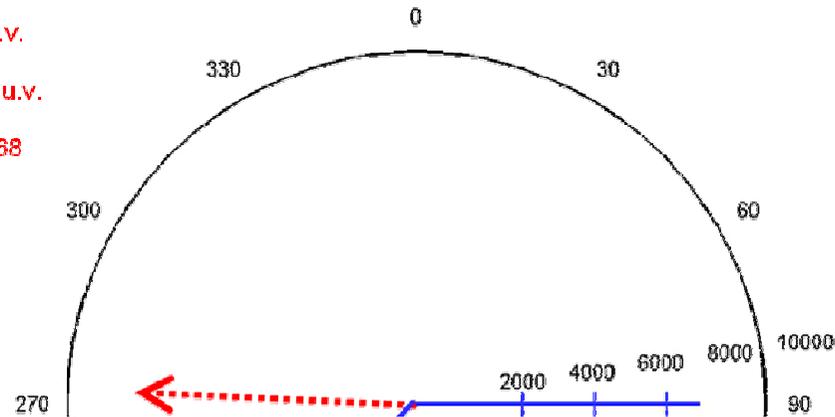
DP = 9.926 u.v.

RDP = 6.706 u.v.

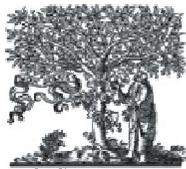
RDP/DP = 0,68

RDD = 92,2°

t = 74,89%



Geomorphology 129 (2011) 14-28

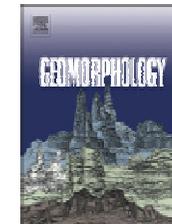


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Geomorphology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/geomorph



Assessment of highly active dune mobility in the medium, short and very short term

54. CÁLCULO TRANSPORTE POTENCIAL: EL MÉTODO DE FRYBERGER

Asimismo, también hemos calculado la tasa de transporte teórico o Drift Potential mediante el método de Fryberger, mediante un parámetro que tiene en cuenta todas las direcciones e intensidades del viento. En la que u es la velocidad media del viento en nudos a una altura de 10 metros y u_t es la velocidad umbral a esa altura que equivale a 12 nudos y t es el porcentaje de tiempo en el que la velocidad del viento ha superado la velocidad umbral para esa determinada dirección.

Una vez analizado ésto, se obtuvo esta rosa de arena en el que el transporte eólico alcanzó casi las 10.000 unidades vector, que determinan la intensidad y se comprobó que el transporte efectivo tenía una dirección de $92,2^\circ$, es decir de puro levante y que casi el 75% del tiempo ocurría dicho transporte.

Marina; 22/06/2011

MNP25

Research area

Dune evolution

Methodology

Results

Conclusions

Alternatives

Material and methods

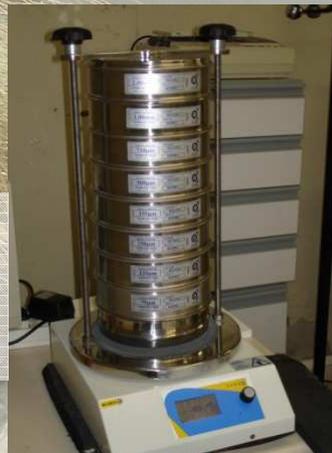
► **Dune levellings:**

- ✓ Total station (1995-2003)
- ✓ DGPS (2006-2009)

► **Sand sampling and grain analysis**

► **Sand trap and anemometer**

► **Meteorological data analysis from Tarifa station**



24. MATERIAL Y MÉTODOS

Como he comentado, las campañas topográficas se realizaron, por un lado con Estación Total, que al igual que los teodolitos miden distancias y a partir de ahí los ángulos normalmente mediante infrarrojos o microondas con distintas frecuencias que rebota en un prisma ubicado en el punto a medir. Y por otra, con GPS diferencial, mucho más fácil de utilizar ya que al contrario de la Estación Total, una vez estacionada la base, sólo se necesita una persona para poder medir. Para la toma de datos se requieren 2 receptores, uno base, que se situó en un punto conocido del aparcamiento de la playa de Valdevaqueros y otro móvil, que va recogiendo puntos en la parte superior de un jalón

Para el cálculo de las tasas potenciales de transporte, se han realizado varios muestreos y análisis de sedimentos en diversas zonas del perfil además de una muestra compuesta mediante el tamizado de las muestras a través de varias luces de malla.

También se ha colocado una trampa de arena de elaboración propia (de 50cm de alto x 20 de ancho) contando con 5 niveles diferentes en los que la arena queda retenida y un anemómetro en varias partes del perfil.

Por último se han analizado los datos meteorológicos registrados por la estación meteorológica de Tarifa para comprobar la influencia de cada factor meteorológico sobre el comportamiento dunar y para construir varias rosas de vientos y rosas de transporte eólico potencial.

Marina; 22/06/2011

MNP23

Research area

Dune evolution

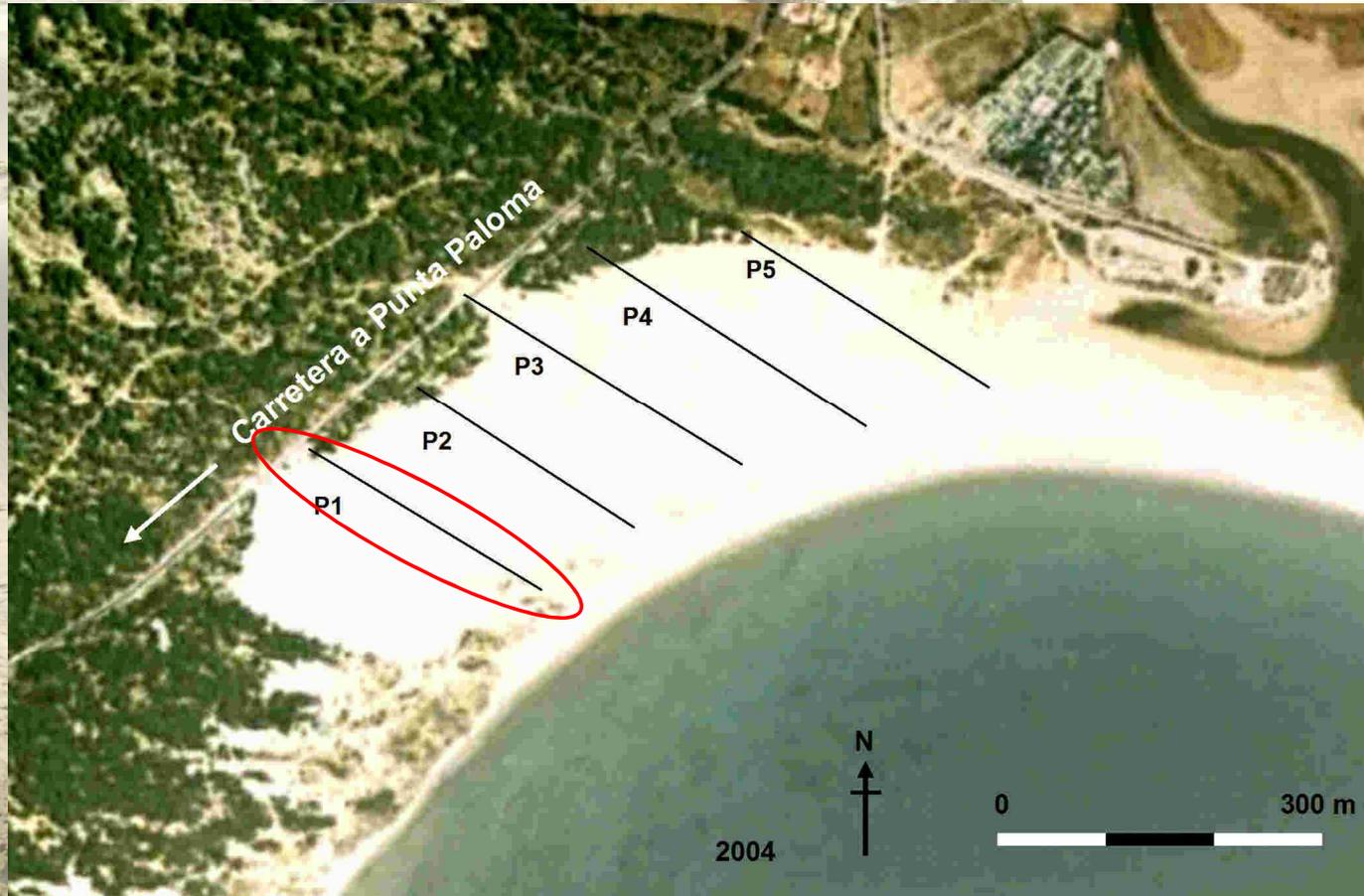
Methodology

Results

Conclusions

Alternatives

Topographic profiles



Diapositiva 11

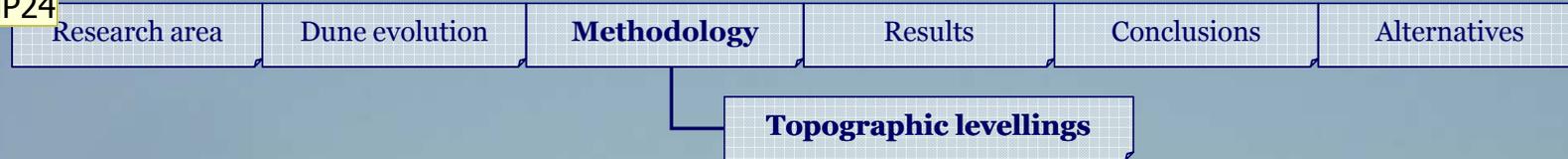
MNP23

22. PERFILES TOPOGRÁFICOS

La metodología para el análisis de la evolución de la duna se ha basado en el levantamiento de 5 perfiles topográficos sucesivos del perfil, paralelos entre sí y equidistantes entre sí unos 100 m. Estos levantamientos se realizaron mediante estación total (el último que tomamos fue en 2003) pero resultaba muy complejo pues debido a la altura y la morfología dunar era necesario estacionar varias veces en cada perfil. Por ello a partir de 2006 empezamos a utilizar GPS diferencial.

Marina; 22/06/2011

MNP24



| Campaigns | Periods | Frequency | Date |
|-----------------|-----------|-----------|-------------------|
| Long-term | 11 years | yearly | 1995-2006 |
| Medium-term | 12 months | bimonthly | Sep 2008-Aug 2009 |
| Short-term | 15 days* | daily | 5-22 July 2006 |
| Very-short term | 1 day* | Hourly | 14-15 Aug 2009 |

**Topographic levellings were taken under moderate-strong east winds*

23. CAMPAÑAS TOPOGRÁFICAS REALIZADAS

.... A lo largo de varias campañas. Una campaña a largo plazo desde Junio 1995 (que es la primera fecha en la que se tienen datos topográficos) a Mayo 2008, pasando por campañas a medio plazo (una mensual durante 6 meses y la otra bimensual durante 1 año) para poder estudiar a qué intervalo de tiempo la duna experimentaba más cambios. Tal como veremos más tarde, debido al comportamiento altamente cambiante de la duna se planificó una a corto plazo que consistió en la toma de datos durante 15 días en Agosto de 2009 durante un temporal completo de levante y finalmente se decidió comprobar a muy corto plazo durante 24 h cómo variaba el perfil dunar también bajo fuertes vientos de levante y tomando el perfil cada hora durante el periodo diurno y cada 2h durante la noche. Parte de estos datos fueron utilizados en el estudio dirigido por el Profesor Jose Antonio Jiménez de la Universidad Politécnica de Cataluña en 2008 junto con nuestra colaboración y la del Profesor Javier Gracia del Departamento de Ciencias de la Tierra de la UCA.

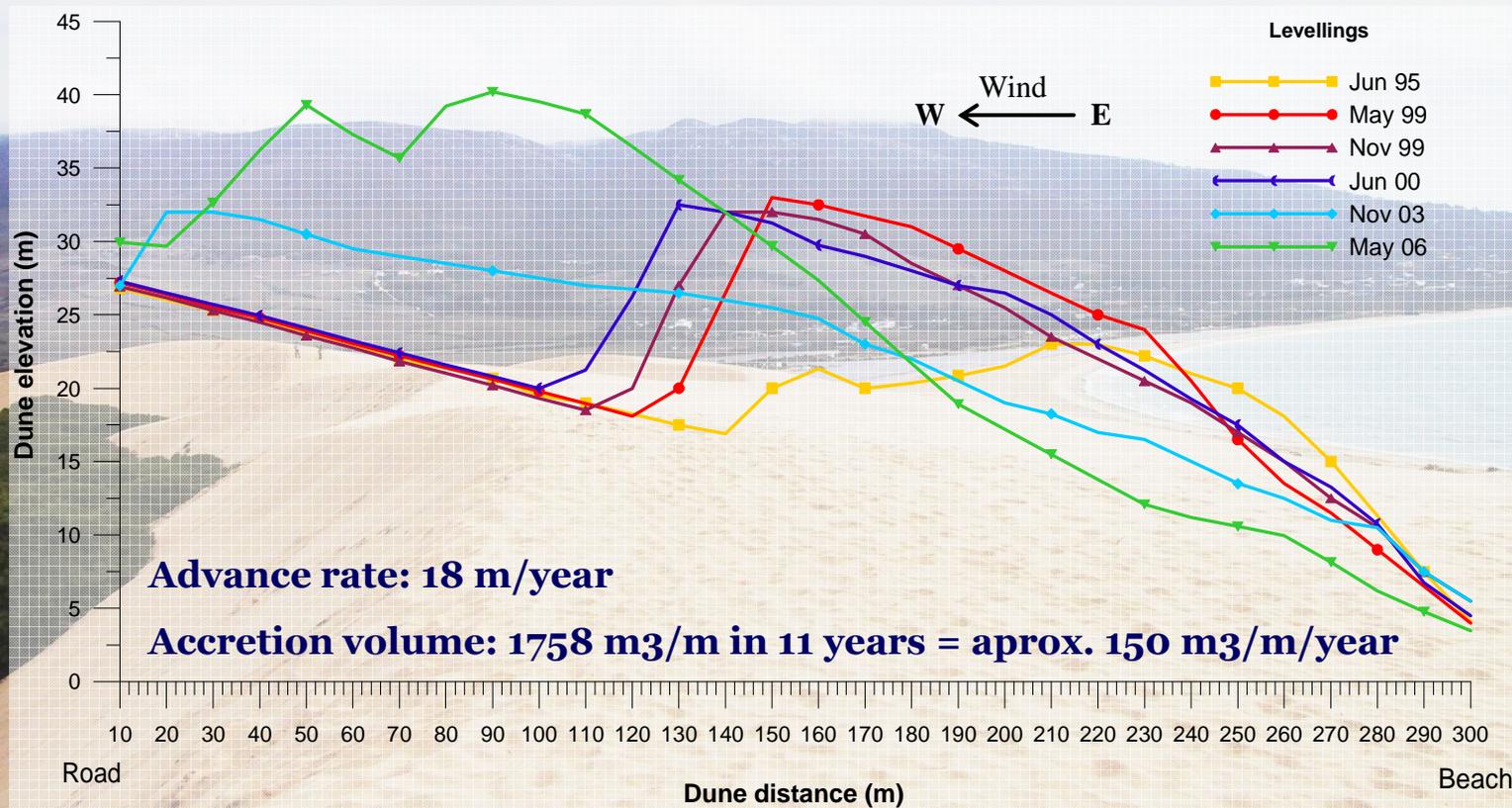
Marina; 22/06/2011

MNP28

| | | | | | |
|---------------|----------------|-------------|----------------|-------------|--------------|
| Research area | Dune evolution | Methodology | Results | Conclusions | Alternatives |
|---------------|----------------|-------------|----------------|-------------|--------------|

Dune morphodynamic analysis in several terms

LONG-TERM ANALYSIS (June 1995-May 2006)



Diapositiva 13

MNP28

27. ANÁLISIS MORFODINÁMICO A LARGO PLAZO (1995-2006)

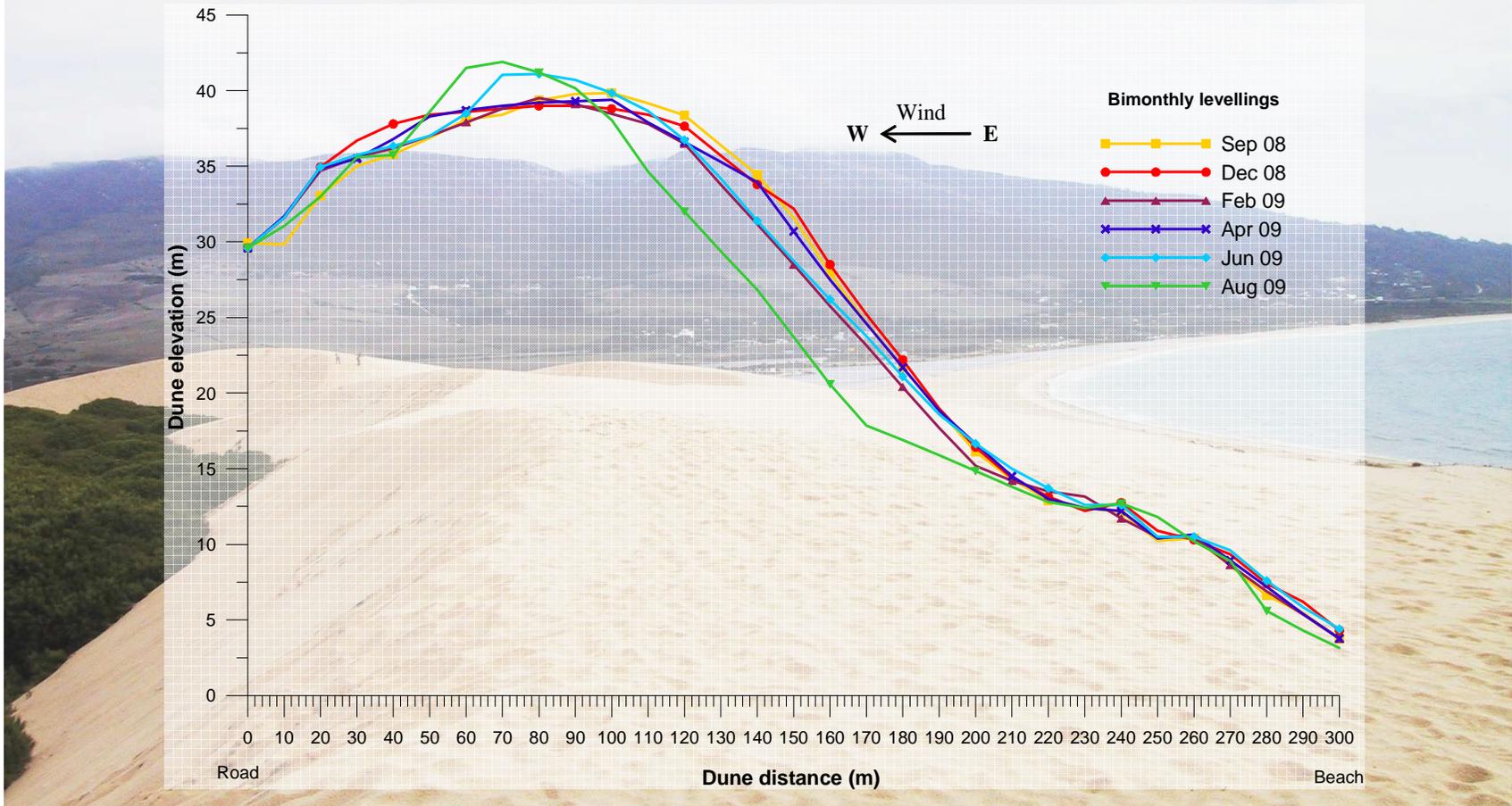
En este capítulo vamos a profundizar en la evolución morfodinámica del perfil dunar más activo ya que es el que mayor avance ha presentado en los últimos años.

En primer lugar, se ha extraído el perfil "real" con los puntos topográficos extraídos de los levantamientos. El eje de abscisas representa la distancia (simbolito de la carretera y la playa) y en el eje de ordenadas tendremos las alturas.

En esta 1ª gráfica sin tratamiento estadístico se observa un avance progresivo de la duna de E a O pero resulta menos objetivas la extracción de tendencias morfológicas.

Marina; 22/06/2011

MEDIUM-TERM ANALYSIS (September 2008-August 2009)



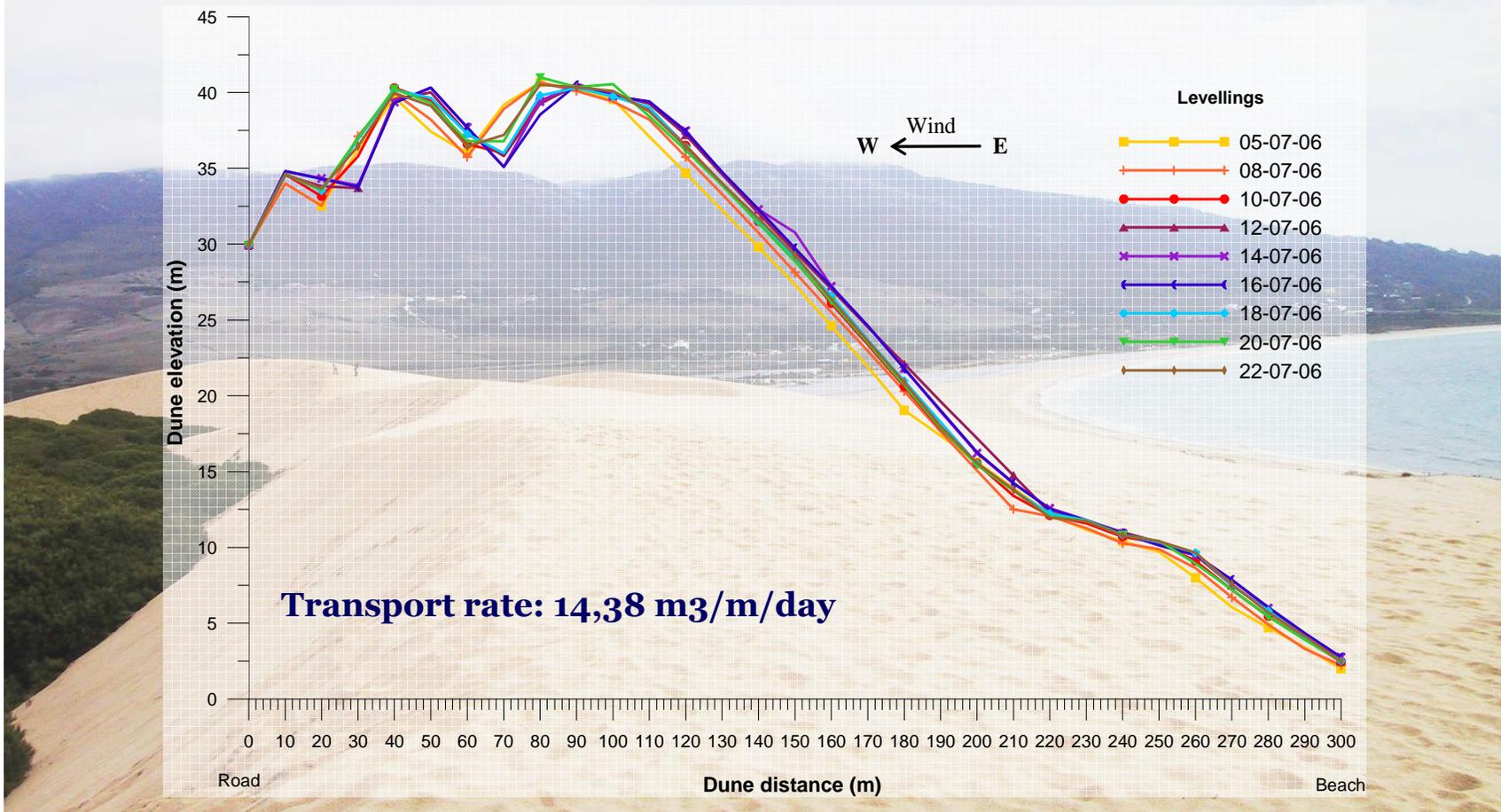
Diapositiva 14

MNP37

36. Esta es una gráfica con los levantamientos tomados bimensualmente, en la que se aprecia un comportamiento más suave que en el caso anterior.

Marina; 22/06/2011

SHORT-TERM ANALYSIS (5-22 July 2006)



Diapositiva 15

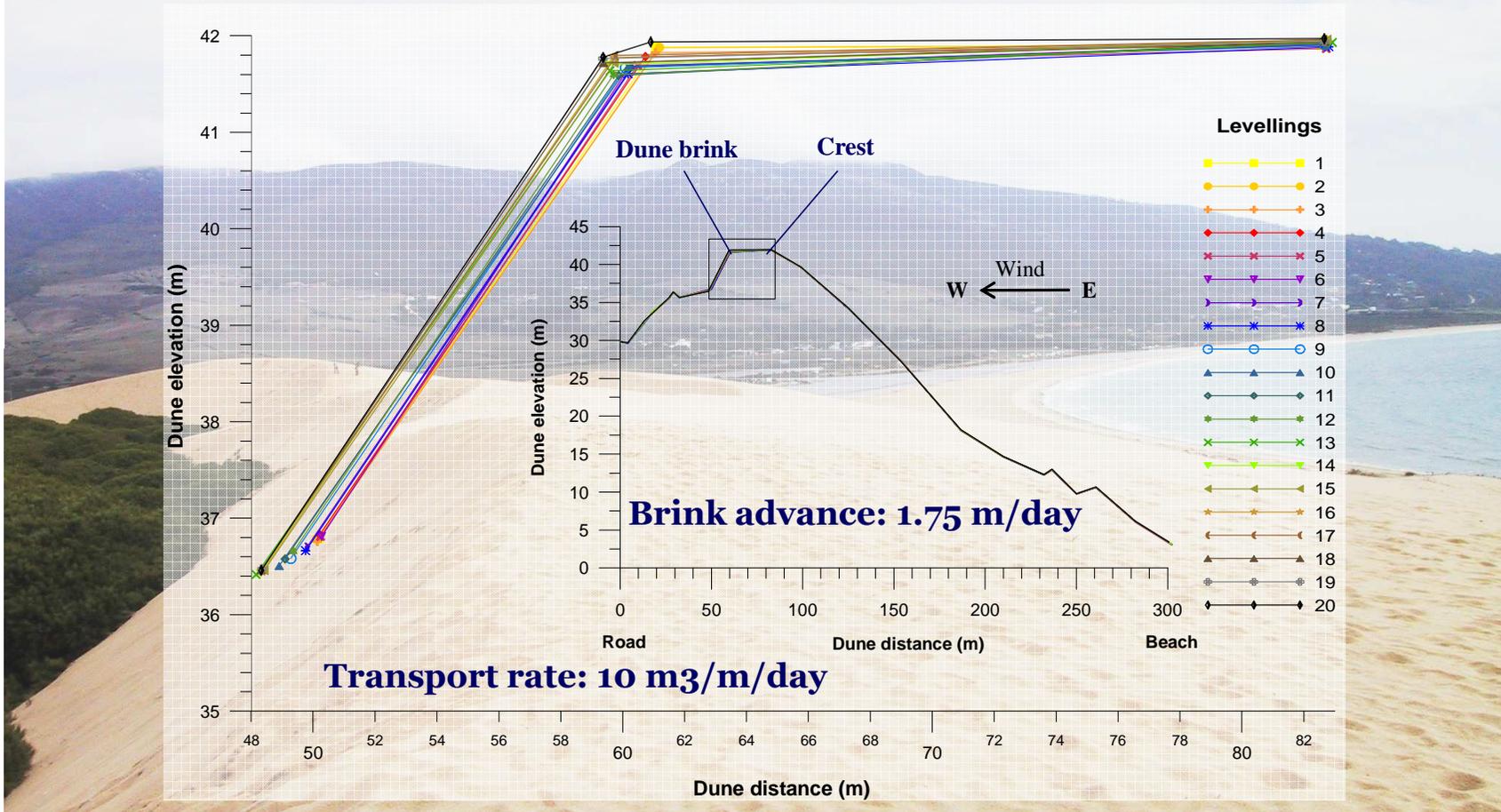
MNP39

38. ANÁLISIS MORFODINÁMICO A CORTO PLAZO

A corto plazo, se vuelve a diferenciar una morfología bicúspide en la zona de la cresta, sin embargo resulta difícil establecer una tendencia clara en el comportamiento del perfil.

Marina; 22/06/2011

VERY SHORT-TERM ANALYSIS: 24 h (14-15 August 2009)



Diapositiva 16

MNP41

40. ANÁLISIS MORFODINÁMICO A MUY CORTO PLAZO

En cuanto al análisis a muy corto plazo, no ha sido posible extraer las Funciones Empíricas Ortogonales puesto que la variabilidad de los datos era relativamente pequeña en comparación con la altura general del perfil. De este modo, aunque de un modo menos objetivo, no se han hallado cambios significativos a lo largo del perfil, excepto en el borde de la cresta dunar, cuya imagen se ver ampliada en la siguiente gráfica.

Marina; 22/06/2011

MNP43

Research area

Dune evolution

Methodology

Results

Conclusions

Alternatives

SLIP-FACE PERSPECTIVE



Diapositiva 17

MNP43

42. PERSPECTIVA DE LA CARA DE AVALANCHA

Esta fotografía pertenecería a la cara de avalancha anteriormente descrita, donde vemos que tiene un desnivel de unos 5 metros y medio.

Marina; 22/06/2011

MNP46

Research area

Dune evolution

Methodology

Results

Conclusions

Alternatives

DUNE ADVANCE AFTER 10 HOURS



Diapositiva 18

MNP46

45. IMAGEN DE DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL TRAS 10 HORAS DEL INICIO DE LA CAMPAÑA

Marina; 22/06/2011

CONCLUSIONS

▶ **Valdevaqueros dune destabilisation → High mobility (wind and human factors)**

▶ **Long term (years):**

Progressive dune advance towards the road. Complex pattern.

Volumetric rate: +150 m³/m/year

Average advance rate: 18 m/year during 11 years

Computation of DP (~10000 vu): sand transport E winds > 75% of the time

▶ **Short term (days):**

Volumetric rate: +14,38 m³/m/day

2 - 3 weeks of moderate wind speed (40 Km/h) = 1 year of volumetric displacement.

▶ **Very short term (hours):**

Dune brink advance > global advance profile.

After reaching a maximum height, dune crest tends to maintain its height on behalf of horizontal landward displacement.

▶ **Need of sustainable alternatives → avoid huge/useless (?) investment**

Diapositiva 20

MNP20

19. ALTERNATIVAS

Viendo el resultado en el caso particular de la duna de Valdevaqueros, se plantearon varias alternativas que fueron expuestas por GGP en el Congreso Internacional de Gestión y Restauración de Dunas Costeras en 2007.

La 1ª de ellas fue la elevación de la carretera existente unos 8 metros a lo largo de 500 m, siguiendo con las extracciones de arena, con un presupuesto de 1.740.000 €.

La 2ª consistía en el diseño de un falso túnel por el que avanzaría la duna, viajando la carretera por encima. La ventaja es que no sería necesaria la extracción de arena y costaría unos 2.200.000 €.

Y la 3ª consistiría en el abandono de la carretera actual (rojo), dejando que la duna se desarrollara libremente y la construcción de una nueva carretera aprovechando un vial de uso militar.

Marina; 01/07/2011



Thank you very much for your attention!