

# The Evolution of Biodegradable Plastics: Science and Industry Tackling Ocean and Soil Pollution

5QFXYNH UTQQZYNTS NX TSJ TK YMJ RTXY ZWLJSY JS[NWTZ  
YNRJ 9WFINYNTSFQ UQFXYNHX YFPJ MZSIWJIX TK ^J  
KNQQNSL THJFSX FSI QFSIKNQQX \NYM QTSL QFXYNSL \FX  
UQFXYNHX IJXNLSSI YT GWJFP IT\S RTWJ VZNHPQ^ ZSIJW  
HTSINYNTSX FWJ JRJWLNSL FX F UWTRNXNSL XTQZYNTS

9MJXJ RFYJWNFQX FWJ Y^UNHFQQ^ RFIJ KWTR WJSJ\FGQJ  
HTWS XYFWHM XZLFWHFSJ TW FQLFJ FSI FWJ JSLNSJJW  
YMWTZLM RNHWGNFQ FHYNTS NSYT \FYJW HFWGTS INT]N  
GNTRFXX &I[FSHJX NS UTQ^RJW HMJRNXYW^ MF[J HWJFYJ  
GNTUQFXYNHX YMFY HTRGNSJ IZWFGNQNY^ IZWNSL ZXJ \N  
IJLWFIFYNTS FKYJW INXUTXFQ

9MJ UTYJSYNFQ JS[NWTSRJSYFQ GJSJKNYX FWJ XNLSNKNH  
UQFXYNHX HFS WJIZHJ YMJ FHHZRZQFYNTS TK RNHW TUQF  
\FYJW QT\JW LWJJSMTZXJ LFX JRNXXNTSX KWTR \FXYJ RF  
FSI IJHWJFXJ IJUJSIJSIHJ TS KTXNQ KZJQX 9MJ^ HFS GJ  
NSIZXYWNFQQ^ TW J[JS NS MTRJ HTRUTXYNSL X^XYJRX IJ  
KTWRZQFYNTS

ORj uÂ¼ø&ÚAA J {¼u HÚ\*JÁ¼¢RH ¼quRþšø,,{¼u tš\*u ¼{q ø\* \*o\*  
\*JøRHqA „ ¼þ uÚþÚ,\*RJ¼øÚJ¼{ „\*AA¼A Ú ¼H\*øuRqAÚ{ „\*ø¼u { \*þš  
øRHq „ ¼j\* „&¼ RRþ¼øuRq{¼ Ru¼AÚJþ¼ÚJþ¼u {Rþuø {Â¼uÚ\*{\*J ¼  
øRJRH\*ø¼ Ú{ \*ö\* A\* „§Á¼

¼

SJþš{ „u§¼\*JJR Ú „\*RJ¼ÚJþ¼qRA\*ø§¼{šqqRu „¼Úu ¼= §Á¼SJ { „H J  
Ru¼øRJ{šH u{Â¼ÚJþ¼{ „ÚJþÚuþ{¼ Ru¼øRHqR{ „Úö\*A\*, §¼øÚJ¼\*Hq  
øÚJ¼ JøRþuÚ ¼ÚþRq „\*RJ¼ „&uRþ &¼\*Jø J „\* {Â¼u { Úuø&¼ ŠJþ\*J  
øRJ J „\*RJÚA¼qAÚ{ „\*ø{Á¼

¼

a & ¼ RAŠ „\*RJ¼R ¼ö\*Rþ uÚþÚöA ¼qAÚ{ „\*ø{¼\*AAŠ { „uÚ „ {¼ „& ¼\*J  
J \*uRJH J „ÚA¼u {qRJ{ \*ö\*A\*, §Á¼Ç\*, &¼øÚu ŠA¼þ ARqH J „¼ÚJþ  
øÚJ¼ & Aq¼{ & \* „¼ „& ¼jRuAþ¼ „RjÚuþ¼Ú¼øA ÚJ u¼ÚJþ¼HRu ¼{š „  
¼

1 F P y P · Ä ü # J . • Ä x Å E

Ý } Ÿ U ¼ ù ø e ß i ç ž { » Š ñ / ( Ý } r Ý Ç ; 5 â # , a  
' õ " • { â ¶ y ~ à - , # ß á , ñ â # Ý } W 5 o f > #  
' - a ? # , Ø ± û e Õ ß # Š Š ñ

P ³ } . U á ± H ¶ ð H Ó ³ d L Ž W , È Õ G L , N  
N ? # Š ð x , ø ¥ j > L , å ñ ? a ø » ß ß ; Ç L 6 š 5 o a N  
a ‡ ø ã N , ô 5 o á \$ Ô â # ß % o j L , Ý } ñ

[ x , ! í R í m + % V ó # ã — # 8 % w á å C ½ î ó # ã % ! î - + y ã ò \_ ò w  
î y ò ' { - R 8 % | È ! p # ã î + & ' î : Á È a m ^ 2 " Á ° & ð \$ \_ ø y °  
% ½ Ù . % V î °

°

î - + ) % o ^ î y È a & % \$ d ã í õ } — â - + % V - + % V ð ô á î m — " • >  
ó # ã j " • î Š ! ü È ù m — á # è & X \_ j ø w y å ö „ - ½ t ~ " Á á ê m \$ E U  
- & î î °

°

È " Á w ( á ~ \$ » £ Û \$ \_ Q % [ \$ î " ö ‡ a [ y y î z ' \$ î \* y \$ È - s Ź ã °  
y 6 - m < & y È a U — å x F ÷ î ~ ü m P D C E ~ î ç " ö • å - Ź ß - U  
ß ó # ã î Á C † Ú " ø î °

°

m + % V ó # ã î t @ @ " n Ø ç \ î È " Á á [ x ¶ ÷ î Á < î ê — ^ " t á & î " ñ ~ p  
ñ ä Ü - ' - , # b N # ã Š § • • . { p y O î î y m Ü - î @ C î

: = |0—0 :? ... \$ \$ ~@ \$ C < D C &>•< K @5B2 C  
•7 8 . 7 \$ [ ~@G 7 > %o & \$ [ ) 7 !3

}

YI ÑFQD 6 O Ô EŽÑEÑ & ÑØK ÑSW, ÑH ÑPÙ ÑPKÓB; ÑH ÑYÑB } @ Ñ 8 Ù + }  
+ ÑØ Ñ ØÑ ÑÖÑP } Ñ Y6P 6 Ñ ÑPÙ Ú YÑP } Ñ I ÑVÑP } Ñ 8 Ù 8P }  
Ñ ØÑ ÑWÑP } Ñ P } á @ YSP+ÑEÑLÑP@C; Ñ ØB ÑVÑP } Ñ ØB

ð Å ö ö é ð ö y ÿ ð y • ò ö Ž ç Å Ø ¼ Ù ö ð ö ö Æ Ä ¼ Ù Ú þ È à ö Ú Ú ö Ú ö þ Ú è  
ÿ • Ú à ø Æ í þ Ž i y i y þ i a y Ú þ å y þ Þ Þ u t i i ð ö ö y è Ú Ú ö Ú ö y þ Þ Þ  
• Ú Þ å y Ú ö þ Þ Þ Þ ö x ð þ Ú þ å y è þ Þ Þ è

ñ ö š ū ñò i öÿ ë Ü ïš ïø Ü ð æ ö y å Ü, å Ü ü y ð ð ð + e ð Ü - ù Ü e y e y Ü ö  
Ë í ã b å ð Ö Ä ¼ ð Ë ü y á b Ü e y ò ð ð ð ð s i i ó ô Ü ð È b ð Ü, ø ð Ü å n b ø  
b > e. í c Ü ö b Ü ê a b ð Ü y ì Ü Ü ð ð Ü e Ü b û ø y • ð æ e

ò õ Ž ç Äø¼ û û û û ðø¼ i īå ÝÚ ð ð öé , ð é i ðû þ È Ý ô ÿ þ ê ê Ë i þ È í i Ú ö  
ô â ò ê Ë û þ È ö à þ ð i ðû ðû ðû ðû 4 v Ú ö å ð ð ð ð ð ð ð ð ð ð ð ð ð ð ð ð ð ð ð

W¾"ág & Sx ' "Yá" & F"? ¿FN x&F"Ö & Yá÷B¾Y¾Ö áF]"  
x& NB¾" ¾" x& N¾ ¾x ' "Yá" & xâ¾ & F"n"FSá & F

\Ò ¹B8pÒ6 8Ò¹ C8 \B\_ \-Ófp ¹Bf úf x8B ôú -Bf \\_Bí-ú6Òf Ò6í ú8pÒ-  
x\_ ú8púf ôú 8xúfp\_B p ú6\B+ \Bf \-Ófp ¹Bf ¹B8•ú8¹ B8Ò-úf pÒ\_ôÒ8  
ôúf¹B6\B8ú\_fú& --ú8Ò8ôB B¹ûÒ8Bf — •ú\_púôú\_Bf ôú \_úf ôxBf \ú\_f  
\Bf \-Ófp ¹Bf í Bôú \_ÒôÒí-úf& ô fúAÒôBf \Ò\_Ò ôúf¹B6\B8ú\_fú \_Ó\ ò  
ú8 ¹B8ô ¹ B8úf 8Òpx\_Ò-úf& fx\_ ú8 ¹B6B x8Ò fB-x¹ C8 \\_B6úpúôB\_Ò

+fpBf 6Òpú\_ Ò-úf fú Òí\_ ¹Ò8 ú8ú\_Ò-6ú8pú Ò \Ò\_p\_ ôú \_úíx\_fBf  
¹B6B ú- Ò-6 ôC8 ôú 6Ò & -Ò ¹ÒAÒ ôú Ò y¹Ò\_ B -Òf Ò- Òf& — fú ô  
p\_Ò8f B\_6Ò\_fú 6úô Ò8pú -Ò ¹Ò¹ C8 ôú 6 ¹\_BB\_ Ò8 f6Bf ú8 Ò xÒ&  
¹Ò\_íB8B — í B6ÒfÒ 8Òpx\_Ò-+ \Bf Ò•Ò8¹úf ú8 -Ò ^x 6 ¹Ò ôú \B- 6ú  
ôÒôB -x Ò\_ Ò í B\-\Ófp ¹Bf ^xú ¹B6í 8Ò8 \_úf fpú8¹ Ò ôx\_Ò8pú ú- xf  
ôú \_ÒôÒí C8 \_Ó\ ôÒ p\_Òf ú- ôúfú¹ B+

/RV EHQHILFLRV DPELHQWDOHV VRQ QRWDEOHV (VWRV SO£VWLFRV S  
PLFURSO£VWLFRV HQ VXHORV \ DJXDV GLVPLQXLU ODV HPLVLRQHV G  
GHULYDGDV GH OD JHVWLµQ GH UHVLGXRV \ UHGXFLU OD GHSHQGHQ  
SURGXFWRV SXHGHQ FRPSRVWDUVH HQ LQVWDODFLRQHV LQGXVWULD

6LQ HPEDUJR SHUVLVWHQ GHVDI-RV \$OJXQRV PDWHULDOHV UHTXLH  
GHJUDGDUVH FRPSOHWDPHQWH \ OD GHVFRPSRVLFµQ LQFRPSOHWD  
PLFURSO£VWLFRV \$GHP£V OD SURGXFFLµQ D JUDQ HVFDOD SXHGH P  
SRU WLHUUD \ UHFXUVRV JHQHUDQGR GHEDWHV VREUH VX YLDELOLC

/D LQQRYDFLµQ LQGXVWULDO \ HO DSR\RH SRO-WLF DV S½EOLF DV V  
FLUFXLWR FUUDGR PHMRUDU HO HWLTXHWDR SDUD ORV FRQVXPL  
FRPSRVWDELOLDG DXPHQWDU£ OD HILFDFLD \ OD FRQILDQ]D /RV JF  
FRQ LQFHQWLÝRV ILQDQFLDFLµQ GH LQYHVWLJDFLµQ \ UHVWULFFLR  
VROR XVR

/D HYROXFLµQ GH ORV SO£VWLFRV ELRGHJUDGDEOHV UHSUHVHQWD C  
UHVSRQVDELOLDG DPELHQWDO &RQ XQ GHVDUROOR FXLGDRVR  
D\XGDU D FRQVWUXLU XQ IXWXUR P£V OLPSLR \ VRVWHQLEOH

JÙÆ4úî! Ýúô¤ÁÅ¤ î£ Ý!Å¤»ÝúÁÆ×£Á£»îÅ  
îÙÝôÁ! ÝÅ¤Ö£¼Å¤'¤î£¤ úîî! Ýúô¤ÁÅ¤ú¼Æ£

§, •W22³¥ WI •2,—¥ ‡³Ë—Ë—¥ 2~³| ¼Ë—•‰ W§2ÜCË—ËIÔ‰ W  
•‰Ë—, I¥—2 §Ë—•2,—¥ ‡³Ë—¥‰, ¼ ¥ WIIË2—CË¥¥ËI¥ ¼Ë—  
¼ì°WC•W—Ë‰3 ËI°WC§‰, I¥ CË‰—Ë¥ ¼ì°,‰ñË—¼Ë ¼ì°Ë¥  
•2,—¥ ‡³Ë—§ W¼ìñ‰, ¼, §2Ë—3 °WI~³—•W³‰—Ë ¼ì°WC•W—Ë  
°WI¼ ¥ WI—I, ¥³‰Ë22Ë—3 ,••,‰, ——ËI¥ °WCCË³IË—W2³¥ W

-Ë—C, ¥ì‰, ³â—WI¥—W³ÔËI¥ ï, §‰ ‡³ì— — •,‰¥‰ ¼Ë‰Ë—  
°WCCË2~, C ¼WI ¼Ë C, —3 2, °, IIË— —³‰Ë W³ 2Ë—, 2ñ³Ë—  
¼ì°WC•W—ì—•,‰ 2Ë—C °‰ WZW‰ñ, I—CË—ËI Ë, ³3 ¼ Wâå¼  
I, ¥³‰Ë22Ë2 §Ë—, Ô, I°ìË—ËI ° CË ¼Ë—•W2åCÜ‰Ë—WI¥ •  
IW³ÔË, ³â § W•2,—¥ ‡³Ë—, 22 , I¥‰ W§³—¥Ë——Ë—2~³—, ñË  
ì2 C I, ¥ WI2

/HV DYDQWDJHV HQYLURQQHPHQWDX[ VRQW FRQVLGpUDE  
OªDFFXPXODWLRQ GH PLFURSODVWLTXHV GDQV OHV VROW  
VHUUH OLpHV DX WUDLWHPHQW GHV GpFKHWV HW GLPLQX  
SHXYHQW PrPH rWUH FRPSRVWpV LQGXVWULHOOPHQW R

'HV GpILV VXEVLVWHQW QpDQPRLQV &HUWDLQV SURGXLW  
GpJUDGHU FRPSOqWHPHQW HW XQH GpFRPSRVLWLRQ LQF  
SURGXFWLRQ j JUDQGH pFKHOOH SHXW pJDOPHPHQW HQWU  
SRXU OHV WHUUHV HW OHV UHVVRXUFHV SRVDQW GHV T

/ªLQQRYDWLRQ LQGXVWULHOOH HW OH VRXWLHQ GHV SRC  
OH UHF\ FODJH HQ FLUFXLW IHUPp XQ pWLTXHWDJH FODL  
FRPSRVWDELOLWp UHQIRUFHURQW OD FRQILDQFH /HV JR  
GHV LQFLWDWLRQV GHV ILQDQFHPHQWV HW GHV UHVWUL  
XQLTXH

/ªpYROXWLRQ GHV SODVWLTXHV ELRGpJUDGDEOHV LOOXV  
OD UHVSQRQVDELOLWp HQYLURQQHPHQWDOH \$YHF XQ GpY  
DSSURSULpH LOV SHXYHQW FRQWULEXHU j XQ DYHQLU S

{ » f û ¼{µçñv , — ¾²Ü ±ññw — ~ ¾²Ü ±° yñññ- Á ~ • È z ±¹û • }  
{ y • ~ þññ • Á ± µÿ±¹û ² }

" ó Á 1 \$ ; ðB 1 — c\$ \$ Z ⁰ ) ç N étzà ió i " ⁰ ð B ; \$ m  $\otimes$   $\otimes$  i £ i \$ Z ⁰ à ¹ \$ B y  
, — c i \$ Z N N) ð ð ... " Á ⁰ £ Á " m i ; Á i " ð .. Á Á Á & i Aæ ð Á ¹ ; % Á ⁰ i Á Y ⁰  
B zá ; ¥ # a i y i n f ñ N u P t N z N ¥ £ ... % Á e Á ¹ ; \$ ¹ ⁰

Á Á # ⁰ ; m ñ N £ Y e ~ ã B M ⁰ ] Ç, ) Á B 3 \$ M A Á Á Á c i \$ Z D Q Á Ñ Á B A z  
# ; Á Z B á) à i y i à ñ ñ ä ñ \$ ñ Ä N B Y Y C ã + Á à — i B ⁰ Á ô , y ⁰... ä ; % i ⁰  
Æ a + C \$ Á Á i x Á 3 i 8 \$ ⁰ i ä i ; % c i \$ Z Á Á B B ñ Q M % N Á i ⁰ ä i ⁰ Á i i " m \$ ⁰  
d ¹ ? \$ B y x ð N Y ⁰ ; \$ % a ñ B ? \$ Z )

" " J Ä X Ä B Ø Ö Á W Ø O . X / Ä O ? X 2 X Y Ä W Ä B ? X j Ä A 2 " E C ñ i Ä W ' O X V Ä Q ? Ä = á B Y p  
' ö Q / Ä ? ' ö Ä B Y Ä = C X > P : " H Ä Y Ä N E Ä E ' D à B Ä D F X Ä B Ä Ä U Ä U Ä = Ä Q P . p  
W Ä F Ä P ? V ? ú Ä B X B j Ä O B Q A ' U Y ' F > i Y D C Ä Q G Ä G O ? E 2 B P Y V - Q i g Ä '

" " = C Ä 2 ? Ä Ö Ø ? Ä o P ø ' { É ' a Ä Y ' f Ü Ä à Y Ä B Ø Ü Ä Y ð d Ä F M Ä ' b " 1 ? ö ' CP  
' ö / " Ä P Ä ' G ' a Ä Y Ä Q Ä B Ø . X / O X 2 X Y Ä V Ø ' è Ä Ä Ä ? X = > i Ä Q Ø Y Ø P  
' T P ö à Ä < Q i U c R Ä y ' B X Ä B ' Q Ä B ? P W Ä g Ä ' O X Ä = X Ä i B C p Ä F Y Y  
O X Ä u Ä ' P d Ä Y / Ä C '

" " Ø P Ø Y Ä N Ä E W ' Ä B à Y Ä N Ä Y Ä Q Ä C W Ä X Ä J A ? ö Ä ' P X Ä Ä U Ä Ä 2 Y Ä Ø Ø  
' Ä Ä g Ä Ä ' D C E 2 B Ø Y X B y ' X Y ' Ä P P E X 2 > L Y Ä B G Ø A ? P E X y i P ' - > B Ä  
' ö Q X / Ø P " B Ä i Ö Ä Y Q P B U P Q i Ä < d ö ' E C W F Ä X Ä h Ä C Q 2 E 2 B P Y O . Ä P  
@ ö Ä Y Ä V ö Ä C V ö X > Ä Y X Ä d Ä Ø ? '

" " CP O X V Ä O Ø S y B Ä P Ä F Ä P > Ä Ä Ä . Ä = ? à B = Y i Y - > Ö Ä 1 X Y d Ä Q ? D E  
' ö Ä C P G Ç = Ö . Y j M A M Ä ' D C E 2 B " Q Ö Ä Ä P B X ? Y Ä O Y X Ä P X ? / ö Ä Ø Y Q Ä Y ?  
O Ä Y Ä